

Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen

K. Kreibig

Die fünf Sinne des Menschen

Zweite Auflage



Verlag von B. G. Teubner in Leipzig



Ein vollständiges Verzeichnis der Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt" befindet sich am Schluß dieses Bandes.

Die Sammlung

„Aus Natur und Geisteswelt"

verdankt ihr Entstehen dem Wunsche, an der Erfüllung einer bedeutsamen sozialen Aufgabe mitzuwirken. Sie soll an ihrem Teil der unserer Kultur aus der Scheidung in Kasten drohenden Gefahr begegnen helfen, soll dem Gelehrten es ermöglichen, sich an weitere Kreise zu wenden, und dem materiell arbeitenden Menschen Gelegenheit bieten, mit den geistigen Errungenschaften in Fühlung zu bleiben. Der Gefahr, der Halbbildung zu dienen, begegnet sie, indem sie nicht in der Vorführung einer Fülle von Lehrstoff und Lehrsätzen oder etwa gar unerwiesenen Hypothesen ihre Aufgabe sucht, sondern darin, dem Leser Verständnis dafür zu vermitteln, wie die moderne Wissenschaft es erreicht hat, über wichtige Fragen von allgemeinstem Interesse Licht zu verbreiten, und ihn dadurch zu einem selbständigen Urteil über den Grad der Zuverlässigkeit jener Antworten zu befähigen.

Es ist gewiß durchaus unmöglich und unnötig, daß alle Welt sich mit geschichtlichen, naturwissenschaftlichen und philosophischen Studien befasse. Es kommt nur darauf an, daß jeder an einem Punkte die Freiheit und Selbständigkeit des geistigen Lebens gewinnt. In diesem Sinne bieten die einzelnen, in sich abgeschlossenen Schriften eine Einführung in die einzelnen Gebiete in voller Anschaulichkeit und lebendiger Frische.

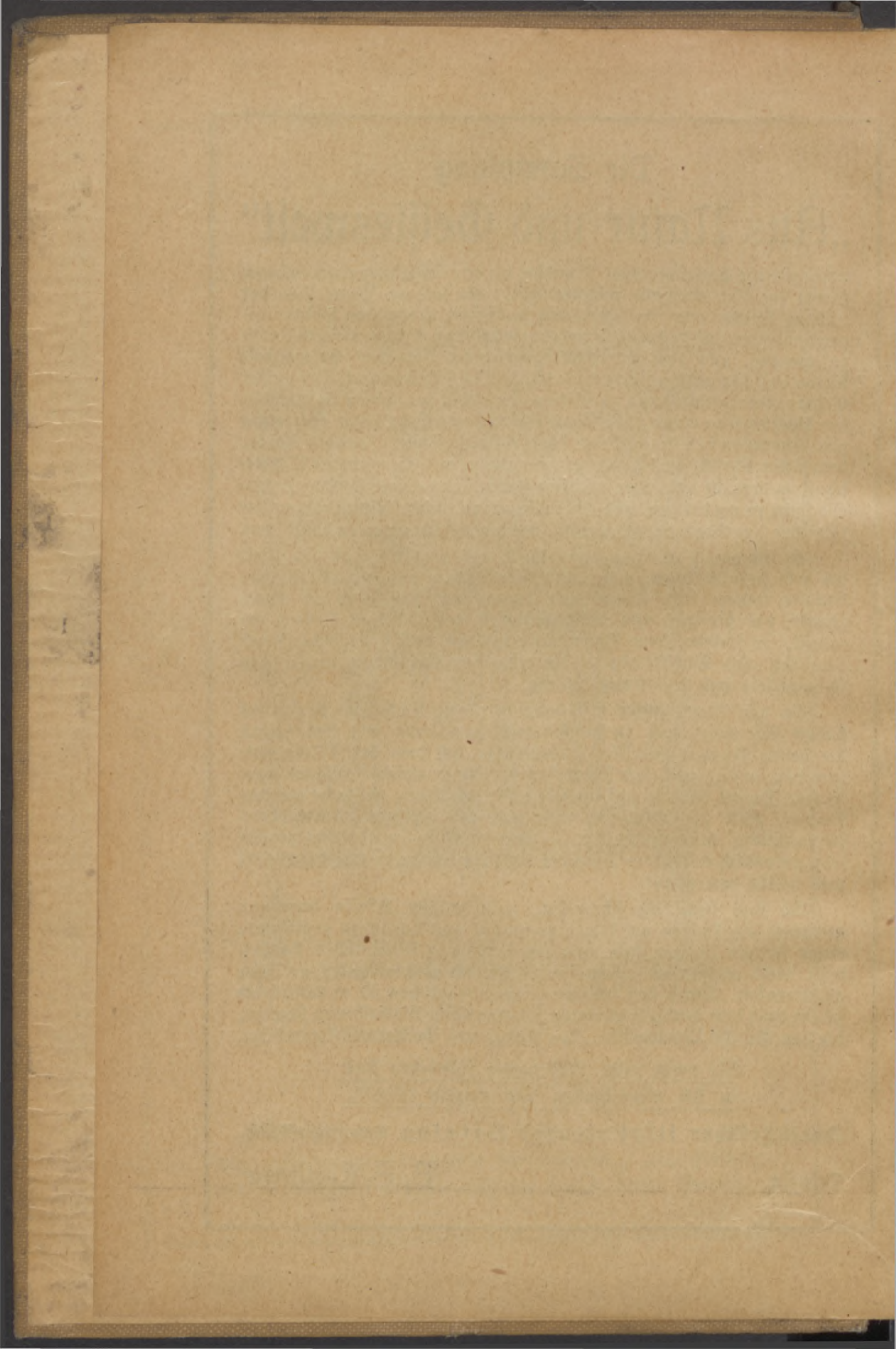
In den Dienst dieser mit der Sammlung verfolgten Aufgaben haben sich denn auch in dankenswertester Weise von Anfang an die besten Namen gestellt. Andererseits hat dem der Erfolg entsprochen, so daß viele der Bändchen bereits in neuen Auflagen vorliegen. Damit sie stets auf die Höhe der Forschung gebracht werden können, sind die Bändchen nicht wie die anderer Sammlungen stereotypiert, sondern werden — was freilich die Aufwendungen sehr wesentlich erhöht — bei jeder Auflage durchaus neu bearbeitet und völlig neu gesetzt.

So sind denn die schmucken, gehaltvollen Bände durchaus geeignet, die Freude am Buche zu wecken und daran zu gewöhnen, einen kleinen Betrag, den man für Erfüllung körperlicher Bedürfnisse nicht anzusehen pflegt, auch für die Befriedigung geistiger anzuwenden. Durch den billigen Preis ermöglichen sie es tatsächlich jedem, auch dem wenig Begüterten, sich eine kleine Bibliothek zu schaffen, die das für ihn Wertvollste „Aus Natur und Geisteswelt" vereinigt.

Die meist reich illustrierten Bändchen sind in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

Ausführlicher illustrierter Katalog unentgeltlich.

Leipzig. B. G. Teubner.



Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen

27. Bändchen

Die fünf Sinne des Menschen

Ein Zyklus volkstümlicher Universitäts-Vorlesungen von

Privatdozent Dr. Josef Klemens Kreibig

Zweite, verbesserte Auflage

Mit 30 Abbildungen



Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1907

Vorwort zur ersten Auflage.

Wenn die alte Behauptung zutrifft, daß der anziehendste Studiengegenstand für den Menschen eben der Mensch selbst ist, so darf die Aufnahme einer wissenschaftlich-gemeinverständlichen Darstellung unseres Sinneslebens in die vorliegende Sammlung wohl auf die Zustimmung eines nicht zu eng gezogenen Leserkreises hoffen. Der Verfasser hat deshalb auch einer diesbezüglichen freundlichen Aufforderung des Herrn Verlegers gern entsprochen und den Stoff des im November 1899 in Wien gehaltenen Zyklus von volkstümlichen Universitätsvorlesungen, welche sich einer sehr zahlreichen Zuhörerschaft erfreut hatten, zur Verfügung gestellt.

Diese Vorlesungen betreffen in der Hauptsache die Anzahl, Benennung, Leistung und Bedeutung der Sinne. Nach einer kurzen allgemeinen Charakteristik des einzelnen Sinnesgebietes wurden zunächst das Organ und seine Funktionsweise, dann die als Reiz wirkenden äußeren Ursachen und zuletzt der Inhalt, die Stärke, das räumliche und zeitliche Merkmal der Empfindungen besprochen. Die an geeigneten Stellen eingestreuten 30 Abbildungen sollen dem wohlberechtigten Wunsche nach anschaulicher Darbietung des Beschriebenen wenigstens teilweise Rechnung tragen.

Hinsichtlich der Darstellung strebte der Verfasser eifrig danach, auch da, wo die oft recht verwickelten Ergebnisse der neuesten wissenschaftlichen Forschung (z. B. über statische Empfindungen, Schmerzgefühle, Farbentheorien) zur Sprache kommen mußten, eine gemeinverständliche Ausdrucksweise zu treffen. Ob dieses Vorhaben auch gelang, sei dem aufmerksamen Leser zu beurteilen anheimgestellt.

Wien, im Mai 1900. **Der Verfasser.**

Bemerkung zur zweiten Auflage.

Bei der vorliegenden zweiten Auflage wurden einige wichtige Beobachtungen der letzten Jahre berücksichtigt, die Literaturnachweise ergänzt und zwei kleine Register angefügt. Aufrichtigen Dank statte ich den Herren Professor Dr. St. Witasek in Graz und Dr. Hans Schmidkunz in Berlin ab, welche die Liebenswürdigkeit hatten, mich auf mancherlei Verbesserungsbedürftiges aufmerksam zu machen.

Graz, im Januar 1907. **Der Verfasser.**

Inhaltsverzeichnis.

I. Kapitel.

Allgemeine Einführung.

1. Vorbemerkung.

Der freundliche Leser, der das vorliegende Büchlein zur Hand nimmt, interessiert sich also für die menschlichen Sinne. Wir können ihm darin nur recht geben, die Sache verdient es. Von den Sinnen nämlich stammt der Stoff unseres gesamten Wissens von der äußeren Welt und so mancher edle Genuß.

Die Philosophen seit dem grauen Altertum haben ihre besten Kräfte an die Frage gewendet, auf welche Weise die große Masse von Kenntnissen erworben werde, die ein erwachsener, entwickelter Mensch über die Welt der Dinge besitze. Im alten Griechenland bildeten sich bereits zwei Parteien in Hinsicht auf diese Kernfrage. Die einen (z. B. Demokrit, Epikur) meinten, daß die Wahrnehmungen der Sinne die Quelle aller Erkenntnis seien, die anderen (z. B. Anaxagoras, Plato) erklärten die Vernunft für diese Quelle. Zwischen beiden Parteien stand der große Aristoteles, welcher bereits einsah, daß die Sinne und das Denken zusammenwirken müßten, damit es zu einer Erschließung des Erscheinungsreichtums der Natur komme. — Im Mittelalter hatten die Vertreter der Vernunft-Erkenntnis (die „Intellektualisten") die Oberhand und erst nach Begründung der Erfahrungsmethode des Forschens durch Galilei und Baco von Verulam konnte der englische Philosoph John Locke im 17. Jahrhundert wieder den Standpunkt zur Geltung bringen, daß alles, was wir von den äußeren Dingen wissen, ausnahmslos durch Vermittlung der Sinne in unsere Seele gelange. Ein Beispiel mag diese Behauptung klarstellen. An einer Blume nehmen wir Form, Farbe und Geruch und

gewisse sichtbare Lageveränderungen wahr — also lauter Merkmale, welche der Gesichts-, Tast- und Geruchssinn vermitteln. Die Kenntnis einer Blume und ebenso aller sonstigen Naturdinge verdanken wir also den Sinnen. Aber auch Gedankengebilde, wie die Begriffe Bewegung, Naturgesetz und ähnliches stellen sich nach Locke bei genauer Untersuchung als Verknüpfung von oftmaligen sinnlichen Wahrnehmungen, als „Produkt der Erfahrung" dar. Schärfer noch als Locke spitzten spätere Franzosen (z. B. Condillac) diese Lehre (den „Sensualismus") dahin zu, daß alles Gewußte überhaupt sich gleichsam mechanisch aus den Sinnesnachrichten bilde.

Die deutschen Philosophen des 17. und 18. Jahrhunderts, voran Leibniz und der große Immanuel Kant, haben jedoch bewiesen, daß wir zwar den Stoff unseres Wissens um die äußere Welt den Sinnen verdanken, daß aber dieser Stoff eine Formung, Verknüpfung und Verarbeitung durch gewisse Denktätigkeiten erfahren müsse, damit es zu einer Erkenntnis der Natur komme. Die Eindrücke einer bestimmten Gestalt, Farbe, Duftigkeit und Veränderung beispielsweise müßten örtlich und zeitlich geordnet und zu einer Einheit zusammengezogen werden, damit eine Anschauung der Blume entstehe. Um daraus eine „Erkenntnis" zu gewinnen, bedarf es ferner der Fällung bestimmter Urteile. Die weitere Erläuterung dieser schwierigen Lehren würde dem Zwecke unseres Büchleins fremd sein, doch darf nach dem Gesagten wenigstens soviel festgehalten werden, daß beim Erkennen der Außenwelt zu dem gegebenen Inhalte der Sinnesempfindungen noch eine vielfältige geistige Tätigkeit des Urteilens und Verarbeitens hinzutritt.

2. Bedeutung des Gehirns im Sinnesleben.

Unter einem „Sinn" verstehen wir die Fähigkeit des lebenden Einzelwesens, mit Hilfe besonderer Leibeseinrichtungen eine Kunde von der Außenwelt (einschließlich des eigenen Körpers) zu empfangen. Jene vermittelnden Leibeseinrichtungen nennen wir Sinnesorgane. Dieselben enthalten beim Menschen die Ausläufer der sogenannten Nerven, welche die einzelnen Sinnesorgane mit dem Gehirn verbinden.

Da ein befriedigendes Verständnis der sinnlichen Vorgänge nur dann möglich ist, wenn gewisse grundlegende Tat-

sachen hinsichtlich Gehirn und Nerven bekannt sind, so seien einige Bemerkungen über diese letzteren vorangeschickt.*)

Das menschliche Gehirn ist eine teils weiße, teils rötlich-graue Masse von sehr feinen Geweben und Gefäßen, welche durch die Schädelkapsel umschlossen ist. Im Gehirn pflegt die Wissenschaft drei Teile zu unterscheiden, das Großhirn, das Kleinhirn und das verlängerte Mark. Das Großhirn (welches sechs Siebentel der gesamten Masse ausmacht) nimmt den Raum hinter der Stirn und den ganzen oberen Teil der Schädelkapsel ein. Es zerfällt in zwei Hälften, „Hemisphären", die durch eine tiefe Längsspalte an der Oberseite gesondert und durch einen querliegenden „Balken" an der Unterseite verbunden sind. Eine von der Hirnbasis nach oben verlaufende tiefe Furche (die Sylviussche Furche) teilt jede Hemisphäre in einen Vorder- und Hinterlappen. Die ganze Außenseite der Hemisphären besteht aus unregelmäßigen Wülsten und Furchen, den Hirnwindungen, durch welche die Hirnoberfläche etwa zehnmal vergrößert wird. Die Hirnmasse selbst setzt sich aus einer grauen und einer weißen Substanz zusammen. Die graue (eigentlich graurötliche) Substanz bildet die (nicht über $5\frac{1}{2}$ mm dicke) Hirnrinde (lateinisch cortex) und kleidet auch einige Höhlungen im Innern des Gehirns aus. Diese graue Schicht gilt als Sitz jener Vorgänge, welche das Bewußtsein von Empfindungen und Bewegungen begleiten. Die Hauptmasse des Gehirns besteht aus der festeren, gefäßärmeren weißen Substanz (auch Marksubstanz genannt), in welcher die sogenannten Assoziationsfasern (vermittelnden Nervenstränge) gelegen sind.

Das Kleinhirn liegt in der unteren Hälfte des Hinterhauptes und ist mit dem Großhirn durch die „Varolsbrücke" verbunden. Ein senkrechter Durchschnitt zeigt baumförmige Verästelungen der weißen Schicht, welche schon die Alten als Lebensbaum bezeichneten. Dem Kleinhirn scheint als Leistungsgebiet die Ordnung und Verknüpfung von Bewegungen zuzukommen.

*) Der Leser, welcher über genügende Vorkenntnisse verfügt oder für solche allgemeine und teilweise schwierige Ausführungen weniger Interesse hat, kann auch die folgenden Erörterungen des ersten Kapitels überspringen und gleich zur Lektüre des zweiten Kapitels übergehen. Wer genauere Aufschlüsse über die Organe und ihre Leistungen wünscht, sei auf das (allerdings etwas veraltete) Buch von Bernstein, Die fünf Sinne, 2. Auflage, Leipzig 1889, verwiesen.

Der dritte Hauptteil des Gehirns ist das verlängerte Mark mit der sogenannten Varolsbrücke. Dieser Teil ist für die Lehre von den Sinnen besonders bedeutsam, weil sehr wichtige Gehirnnerven von hier auslaufen oder hier enden.

Das Gehirn ist der hauptsächlichste Sammelpunkt der Enden bezw. Anfänge der Nerven; weitere Sammelpunkte derselben stellen das Rückenmark (in der Wirbelsäule) und das Sonnengeflecht (unter dem Zwerchfell) dar. Das Rückenmark ist durch einen in den Schädel eingehenden Zapfen, dem schon erwähnten „verlängerten Mark", mit dem Gehirn vereinigt und bildet mit diesem das „Zentral-Nervensystem". Das Sonnengeflecht mit dem sympathischen Nervensystem ist für unseren Zweck ohne Interesse.

Große Wichtigkeit für das Verständnis mehrerer uns alsbald beschäftigenden Fragen besitzen folgende Feststellungen der Physiologie.*)

Bereits im Altertum erkannten die Ärzte Alkmäon und Galenos, daß den seelischen Vorgängen des Empfindens, Denkens, Fühlens und Wollens gewisse Vorgänge im Gehirn

---

*) Eine wissenschaftlich grundlegende und ausführliche Gesamtdarstellung des in diesem Bändchen behandelten Gebietes findet sich in Wilh. Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie, 5. Aufl., 3 Bde., Leipzig 1902—1903, namentlich im I. Bd. Kap. 8, II. Bd. Kap. 10, 12—14. Dieses Werk ist jedoch nur Fortgeschrittenen verständlich.

Man unterscheide scharf zwischen folgenden wichtigen Fachausdrücken:

1. Physik, d. i. die Wissenschaft, welche die Beschreibung und Erklärung der Erscheinungen der unbelebten Natur zum Gegenstande hat. (Physis heißt griechisch „Natur".)
2. Physiologie, d. i. die Wissenschaft, welche die Beschreibung und Erklärung der den lebenden (organischen) Wesen eigentümlichen Erscheinungen zum Gegenstande hat.
3. Psychologie, d. i. die Wissenschaft, welche die Beschreibung und Erklärung der seelischen (psychischen) Erscheinungen (einschließlich ihrer Entwicklung) zum Gegenstande hat. (Psyche heißt griechisch „Seele".)
4. Psychophysik, d. i. die Wissenschaft, welche die Beschreibung und Erklärung der bestehenden Wechselbeziehungen zwischen den leiblichen (physischen und physiologischen) und seelischen (psychischen) Erscheinungen zum Gegenstande hat. Die Psychophysik hält also die Mitte zwischen Physik und Physiologie einerseits und Psychologie andererseits.

als Begleiterscheinungen zugeordnet seien.*) In neuester Zeit bricht sich sogar die weitergehende Überzeugung Bahn, daß die Grundbestandteile des Gehirns allerdings ursprünglich zu den verschiedensten Verrichtungen tauglich seien, aber beim entwickelten Menschen im Dienste einer gewissen Arbeitsteilung stehen, und zwar so, daß die zu einzelnen Arten seelischer Vorgänge gehörigen Hirntätigkeiten regelmäßig an dieselbe Hirnstelle gebunden seien. Diese Lehre nennt man „Lokalisationstheorie" und bezeichnet die bestimmten Verrichtungen zugeordneten Hirnstellen als Zentren. So hat man beispielsweise aus Krankenbefunden und Tierversuchen geschlossen, daß das Zentrum für das bewußte Sehen (Sehzentrum) im ersten und zweiten Hinterhauptslappen gelegen sei, welche Lappen mit dem (beim Sehvorgang gleichfalls beteiligten) Vierhügel- und Sehhügelgebiet in Verbindung stehen. — Das sogenannte Brocasche Zentrum für geordnete Sprachbewegungen findet sich in der linksseitigen dritten Windung des vorderen Großhirns, das zugehörige Zentrum für das Verstehen der Worte und sonstigen Sprachzeichen in einem weiter rückwärts gelegenen Rindenbezirk. — Auch für das Hören, für die Gliedmaßenbewegung u. a. m. sind die Zentren bekannt.

Hinsichtlich der meisten Zentren ist der merkwürdige Umstand festgestellt worden, daß die Zentren (und Nervenenden) der rechten Hirnhälfte zu den links gelegenen Organen und Gliedmaßen gehören und umgekehrt. Zum rechten Ohre beispielsweise sind die linken Schläfenlappen und die im verlängerten Marke links gelegenen Nervenenden zugeordnet; der linke Arm wird gelähmt, wenn das rechts befindliche Hirnzentrum verletzt oder zerstört wird usw. (Ein kleiner Teil der Nervenfasern

---

*) Es ist falsch, zu sagen (wie es manche „Materialisten" tun), das Gehirn selbst empfinde, denke, fühle, wolle — oder Empfindungen, Denkakte usw. seien bloß Bewegungen der Gehirnteilchen. Nach der richtigen Auffassung muß der Sachverhalt dahin beschrieben werden, daß den stattfindenden seelischen Vorgängen gewisse körperliche Vorgänge im Gehirn zugeordnet seien oder entsprechen. (Lehre des „Parallelismus".) Um eine übergroße Umständlichkeit im Ausdruck zu vermeiden, werden auch wir zuweilen die ungenaue Wendung gebrauchen, daß einzelne Hirnvorgänge gewisse Empfindungen „auslösen" oder „bewirken", werden jedoch dabei nie vergessen dürfen, daß im Grunde immer nur das Verhältnis der Zuordnung von Bewegung und Empfindung gemeint sein soll.

jeder Hirnhälfte verläuft allerdings nach der gleichen Seite des Leibes.)

Es liegt uns nun ob, einige mit dem Vorstehenden eng zusammenhängende Tatsachen über die Vermittler der Sinnesreize und der Leibesbewegungen, die Nerven, kurz zur Sprache zu bringen.

3. Bedeutung der Nerven im Sinnesleben.

Als „Nerv" bezeichnet die Physiologie gewisse Fasern und Faserbündel, welche das Gehirn, Rückenmark und Sonnengeflecht sowohl untereinander als auch mit den Sinneswerkzeugen, Bewegungsmuskeln und anderen Organen in Verbindung setzen und durch diese vermittelnde Tätigkeit in Beziehung zu den Vorgängen des Seelenlebens treten. Zu den Nervenfasern gehören als Anfangs- oder Durchgangspunkte eigene Nervenzellen, das sind meist mikroskopisch-kleine, kernhaltige Gebilde aus organischer Substanz mit einem oder mehreren fadenförmigen Fortsätzen („Achsenzylindern"), die sich mit anderen zu Bündeln — den eigentlichen Nerven — vereinigen. Anhäufungen von Nervenzellen oder auch einzelne große Nervenzellen nennt man Ganglien (deutsch Nervenknoten). Der Leitungsverkehr einer Nervenzelle mit einer anderen scheint regelmäßig in der Weise zu erfolgen, daß der Achsenzylinder der ersten Zelle mit seinen feinen Endverästelungen (Dendriten) die zweite Zelle sanft umfaßt, ohne in sie einzudringen. Bei Aufhören des Leitungsverkehrs, beispielsweise im Schlafe, öffnen sich jene Endverästelungen wieder und lassen die umklammerte Zelle frei. (Nach Ramon y Cajals Lehre.) In neuester Zeit hat man allerdings behauptet, daß manche Nerven die Ganglien selbst durchlaufen. (Ansicht von Golgi und Pikler.)

Die Gehirnnerven (nur von diesen soll fortan die Rede sein) teilt man in Sinnesnerven und Bewegungsnerven ein. Die Sinnesnerven (genauer „zuleitende" oder „zentripetale", auch sensorische genannt) haben die Aufgabe, die durch die äußeren Eindrücke hervorgerufenen Erregungen des Sinnesorganes zum betreffenden Sinneszentrum im Gehirn weiterzuleiten, woselbst die den Empfindungen entsprechenden Vorgänge sich abspielen. Die Richtung des Fortschreitens der Erregungswelle ist sonach bei Sinnesnerven von außen nach innen, d. h. zentripetal, und bezeichnet, volkstümlich gesprochen, den Weg von der Außenwelt durch die Sinne in die Seele.

Die zweite Art von Nerven, die **Bewegungsnerven**, leiten die in den Gehirnzentren entstehenden Entladungen nach den Muskeln der beweglichen Körperteile (z. B. Arme, Herz, Augenlider) und bewirken dort eine Zusammenziehung oder Entspannung, d. h. eine Leibesbewegung. Zur letzteren Nervenart rechnet man auch alle Nerven, welche Säfteabsonderungen, Ernährungsprozesse, Gefäßerweiterungen und Verengerungen und regulierende Hemmungen bewirken. Die Richtung des Fortschreitens der Erregungswelle geht bei Bewegungsnerven von innen nach außen, d. h. zentrifugal. Der volkstümlichen Auffassung entsprechend müßte man sich denken, daß der Wille, der im Gehirn sitzt, von da aus durch Vermittlung der Nerven die Muskeln in Bewegung setzt — was freilich ein sehr ungenaues Bild ist. — Einige („intrazentrale") Nerven endlich versehen den Dienst des Ausbreitens, Vermittelns und Verknüpfens von Erregungen innerhalb des Gehirns selbst, wovon hier jedoch nicht weiter die Rede sein kann.

Für unser Gebiet ist nach dem Vorstehenden festzuhalten, daß **zum Zustandekommen einer Sinnesempfindung jedenfalls eine Leitung der Erregung vom Organ durch den Sinnesnerven nach dem Sinneszentrum erforderlich ist.** Den Vorgang in den Ganglien dachte man sich früher als elektrische Erscheinung, gegenwärtig wird er als chemischer Prozeß aufgefaßt. „Man stellt sich vor, daß durch Ernährungszuflüsse eine Ladung des Ganglions mit chemischer Spannkraft stattfinde, welche Spannkraft durch anlangende Erregungswellen teilweise oder ganz zur Entladung gebracht wird. So erklärt sich auch die merkwürdige Tatsache, daß auf geringfügige Anlässe (z. B. schwache Berührung des Augenlids) oft starke Bewegungen (z. B. des Kopfes) folgen. Die Entladung der Nervenzellen kann ähnlich wie die einer Pulverpatrone vorgestellt werden, welche auf eine kleine mechanische Einwirkung hin explodiert.

Nach der jetzt gangbaren Lehre ist das **Bewußtwerden** einer Empfindung oder Bewegung daran gebunden, daß das geladene oder entladene Ganglion mit der (jener Art von seelischen Vorgängen) zugeordneten Stelle der **Hirnrinde** — dem Sinnes- bezw. Bewegungszentrum — in Verbindung gesetzt sei, während unbewußt bleibende Sinnesreize auch ohne Vermittlung der Hirnrinde von unbewußten, nämlich „reflektorischen" oder „automatischen" Bewegungen gefolgt sein können.

Den physiologischen Sachverhalt mögen die beiden nachstehenden Schemata verdeutlichen:

I. Schema des Nervenprozesses bei einer unbewußten Sinnesempfindung mit nachfolgender reflektorischer Bewegung (frei nach Sigm. Exner). Fig. 1.

Erklärung: Wenn ein Gegenstand rasch dem Auge (O) genähert wird, so erregt das ins Auge fallende Lichtbild (der „Reiz") einen zentripetalen Nervenstrom (cp), der zur Sinnes-Nervenzelle (s) gelangt. In der Nervenzelle findet der nicht näher bekannte chemische Vorgang, welcher mit der Art des Reizes in Beziehung steht, statt. Die Sinnes-Nervenzelle (s) ist jedoch durch eine Nervenfaser mit der Be-

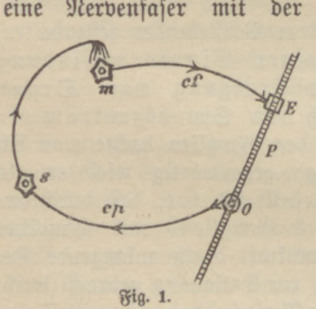


Fig. 1.

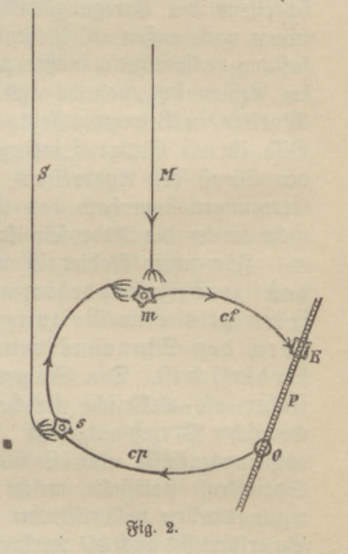


Fig. 2.

wegungs-Nervenzelle (m) verbunden, so daß der Nervenstrom auch dahin gelangt. In der Bewegungs-Nervenzelle (m) wird chemische Spannkraft entladen, welche durch den ableitenden Bewegungsnerv nach dem Augenlid (E) gelangt und dort das Schließen des Lids bewirkt. Die Erregungswelle hat also einen Weg vom Punkte O der Leibesgrenze (P) zum Punkte E der Leibesgrenze zurückgelegt.

II. Schema des Nervenprozesses bei einer bewußten Sinnesempfindung mit nachfolgender bewußter Bewegung (frei nach Sigm. Exner). Fig. 2.

Erklärung: Das Lichtbild eines Apfels erzeugt einen Nervenstrom, der vom Auge (O) in die Sinnes-Nervenzelle (s) ver-

läuft und dort den entsprechenden Prozeß auslöst. Durch die Faser *S* wird dem Sehzentrum in der Gehirnrinde die erfolgte Erregung mitgeteilt. An den Vorgang im Sehzentrum knüpft sich eine bewußte Gesichtswahrnehmung. Das Sehzentrum tritt in Verbindung mit dem Bewegungszentrum, von welchem aus durch *M* die Entladung in der Bewegungs-Nervenzelle (*m*) maßgebend beeinflußt wird. Der von *m* nach dem Arm *E* abgehende Nervenstrom bewirkt daselbst eine Bewegung, das Langen nach dem Apfel.

Daß die vorstehenden Schemata nur die bildliche Ausmalung des noch ziemlich in Dunkel gehüllten wahren Verlaufes bedeuten, braucht wohl nicht betont zu werden.

Von den 12 Nervenpaaren, welche im Gehirn entspringen bezw. enden, haben für die Lehre von den Sinnen die folgenden besondere Wichtigkeit: 1. Der Riechnerv, genauer das Riech-Nervenpaar, welches Geruchsempfindungen vermittelt; 2. der Sehnerv (für Gesichtsempfindungen); 3. der dreiteilige Nerv oder Trigeminus (dessen sensible Fasern die Tast- und Temperaturempfindungen der Häute im Gesicht, in der Augenhöhle, im Mund und Rachen, sowie die Empfindungen der vorderen Zunge leiten); 4. der Hörnerv (vermittelt mit dem einen Strange die Schallempfindungen, mit dem anderen die Empfindungen von der Kopfstellung); 5. der Zungen-Schlundkopfnerv (größtenteils für die Geschmacksempfindungen an der Zungenwurzel); 6. der herumschweifende Nerv oder Vagus (teilweise für die Empfindungen in den Verdauungs-, Atmungs- und Blutumlaufsorganen); 7. der Beinerv (ergänzt teilweise die Leistungen der vorgenannten Nerven). Die übrigen Nervenpaare, nämlich der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv, der Rollmuskelnerv, der äußere Augenmuskelnerv, der Gesichtsnerv und Zungenfleischnerv, sowie einzelne Faserbündel des dreiteiligen, herumschweifenden und Beinerven sind der Vermittlung von Bewegungen, Absonderungen, Hemmungen u. dgl. gewidmet.

Nach einer von den Physiologen Johannes Müller und Herm. Helmholtz entwickelten Lehre kann jeder Sinnesnerv nur ganz bestimmte Sinnesempfindungen vermitteln, wie verschiedenartig auch die Reize selbst beschaffen seien. Ob nun der Sehnerv durch Licht, durch einen Schlag auf das Auge, durch Elektrizität oder durch Blutandrang gereizt wird, immer wird er nur Licht zur Empfindung bringen. Der Hörnerv vermittelt ausschließlich

Schälle, der Geruchsnerv ausschließlich Gerüche usw. Diese allgemeine Erfahrung nennt man das „Gesetz der spezifischen Sinnesenergien".

In neuerer Zeit ist das Gesetz der spezifischen Sinnesenergien von einigen Forschern (z. B. Wilhelm Wundt) in Zweifel gezogen worden, doch scheinen die Einwendungen ihre Kraft zu verlieren, wenn man die Ursache der Beschränkung gewisser Nerven auf gewisse Sinnesempfindungs-Arten nicht in das Endorgan oder in den Nervenstrang selbst, sondern in die Beschaffenheit des Sinneszentrums verlegt.

4. Bedingungen und Merkmale der Sinnesempfindungen.

Aus den bisherigen Erörterungen ist die wichtige Einsicht zu gewinnen, daß zum Zustandekommen einer Sinnesempfindung dreierlei gehört:

1. eine physikalische Teilbedingung, nämlich ein Reiz der Außenwelt (z. B. Lichtschwingung, Berührtwerden durch einen fremden Körper);
2. eine physiologische Teilbedingung, nämlich ein Sinnesorgan mit zugehörigem Nerv und Nervenzentrum;
3. eine psychologische Teilbedingung, nämlich das Eintreten der Empfindung selbst als seelisches Erlebnis.

Ein Beispiel mag das Verhältnis dieser Teilbedingungen klar machen. Von einem Blitze in der Ferne gehen Lichtschwingungen aus, welche bis zu uns gelangen (physikalischer Reiz) und die Netzhaut unseres Auges (physiologisches Organ) reizen. Der Erregungszustand der Netzhaut wird nach dem Sehzentrum des Gehirns fortgepflanzt, woselbst ein chemischer Vorgang stattfindet, an den sich unser Sehen des Blitzes (psychologische Empfindung) knüpft.

In ähnlicher Art wie bei diesem Beispiele ist auch der Verlauf einer Tast- oder einer Hörempfindung zu beschreiben.

Die Reize der Außenwelt, an welche sich schließlich Empfindungen knüpfen, können „mechanische" (Stoß, Druck, Zug, Drehung), „thermische" (Wärme, Kälte), „chemische" (Zersetzung) oder „elektrische" Reize (Berührungselektrizität, galvanischer Strom) sein. Reize, für welche das betreffende Sinnesorgan entsprechend eingerichtet ist, heißt man „gleichartige" (auch adäquate, homologe) Reize; andere Reize nennen wir „ungleich-

artige" (auch inadäquate, heterologe). Für das Auge beispielsweise sind die Licht- und Farbenreize gleichartige, stärkere Schläge auf das Auge (welche als Blitze empfunden werden) ungleichartige Reize.

Von den Organen der einzelnen Sinne soll in späteren Abschnitten eingehend gesprochen werden.

Einer allgemeinen Erörterung bedürfen hier noch die Empfindungen*). An jeder Empfindung können wir mehr oder minder deutlich vier Merkmale unterscheiden:

a) die Qualität, b) die Intensität oder Stärke, c) die räumliche Bestimmtheit, d) die zeitliche Bestimmtheit.

a) Als Qualität einer Empfindung bezeichnen wir die jedem von uns aus eigener Erfahrung bekannte Eigentümlichkeit, vermöge welcher wir höhere und niedere Töne, rote, blaue und grüne Farben, süße und bittere Geschmäcke usw. unterscheiden. Eine eigentliche Beschreibung der einzelnen Qualitäten eines Sinnesgebietes läßt sich nicht geben, weil die Qualitätsmerkmale letzte und einfachste Erfahrungsbestandteile sind, die sich nicht auf andere noch besser bekannte zurückführen lassen. (Einem Blindgeborenen kann man unmöglich durch Schilderungen verständlich machen, wie etwa „Grün" aussieht.)

Die Qualitäten eines Sinnesgebietes lassen sich nach ihrer Ähnlichkeit in eine oder in mehrere Hauptgruppen vereinigen, welche Gruppen man „Modalitäten" (Grundarten) genannt hat. Beim Sehsinn beispielsweise pflegt man eine Modalität „Licht" (wozu alle verschiedenen Helligkeiten als Qualitäten gerechnet werden können) und eine Modalität „Farbe" (die Rot, Blau, Grün, Weiß usw. umfaßt) zu unterscheiden. Der Hörsinn besitzt die Modalitäten „Geräusch" und „Ton" (wozu die Töne c, d, e . . . als Qualitäten gehören). — Die Qualitäten der Tonmodalität beim Hörsinn lassen sich in eine bestimmte Ähnlichkeitsreihe (Skala) bringen, welche wir z. B. in der bekannten Tonleiter c, d, e, f, g, a, h zum Ausdruck bringen. Auch für die Farben und Temperaturen sind solche Ähnlichkeitsreihen aufstellbar.

Die Erfahrung lehrt, daß die Genauigkeit, mit der uns eine Qualität bewußt wird, einerseits von der Bestimmtheit,

*) Der volkstümliche Sprachgebrauch bezeichnet oft auch Gefühle mit dem Worte „Empfindungen", während die Wissenschaft den letzteren Namen nur den Erlebnissen bei sinnlichen Eindrücken zuerkennt.

mit welcher der Reiz eintritt, andererseits von der Lebendigkeit der seelischen Auffassung abhängt. Das Maß, in welchem sich die Auffassung an die Merkmale des Reizes anpaßt, nennen wir Empfindlichkeit. Die Empfindlichkeit wird im allgemeinen erhöht, wenn wir unsere Aufmerksamkeit anspannen oder besondere Übung besitzen, während bei Unaufmerksamkeit und Ungeübtheit die Auffassung der Qualitäten ungenau auszufallen pflegt. Ein praktisches Beispiel soll diesen Sachverhalt verdeutlichen. Spannen wir in der Dämmerung (bei schwachen Farbenreizen) die Aufmerksamkeit an, so können wir immerhin noch gewisse Farbenqualitäten, z. B. Blau, wahrnehmen, die wir bei mangelndem Interesse nicht empfinden würden. — Ein Maler (ein im Farbenunterscheiden Geübter) wird oft noch kleine Unterschiede von Farbentinten auf Bildern wahrnehmen, wo der Laie nur gleichfarbige Flächen sieht.

Im ersteren Falle, in dem eine gewisse Farbe noch eben empfunden wird, spricht die Wissenschaft von „Umfangsempfindlichkeit für Qualitäten", im zweiten Falle des Nuancenunterscheidens von „Unterschiedsempfindlichkeit für Qualitäten".

b) Die Intensität oder Stärke der Empfindungen findet in Unterscheidungen wie Laut — Leise, Gesättigt — Ungesättigt (bei Farben), Warm — Wärmer usw. ihren sprachlichen Ausdruck. Auch die Intensität ist von einem äußeren Umstande („objektiven Faktor") und einem seelischen Umstande („subjektiven Faktor"), nämlich von der Reizstärke und der Empfindlichkeit (für Stärken) abhängig. Ist die Empfindlichkeit für einen Reiz durch Ablenkung der Aufmerksamkeit oder durch Ungeübtheit vermindert, so können sogar sehr starke Reize unbemerkt bleiben.

Ein stürmender Soldat merkt eine Zeitlang nicht einmal seine Verwundung, und ein in Forschung vertiefter Gelehrter wird auch durch laute Zurufe nicht gestört. Dagegen bemerken geübte Arbeiter im Münzamte die feinsten Ungenauigkeiten an den Münzstücken.

Daß wir „Grade" der Empfindungsintensität unterscheiden und diese Grade in Reihen (Skalen) bringen können, ist uns allen wohlbekannt. Die alltägliche Erfahrung lehrt auch, daß der äußere Reiz eine gewisse Stärke (die „Reizschwelle") erreichen muß, um eine eben merkliche Empfindung auszulösen, ferner, daß ein bestimmter Zuwachs der Reizstärke („Unter-

schiedsschwelle") nötig ist, um einen Empfindungsunterschied zu begründen. Daß Aufmerksamkeit und Übung diese Schwellen nach unten verrücken, ist bereits zum Ausdruck gebracht worden.

c) Jeder Sinnesempfindung kommt ferner eine räumliche Bestimmtheit zu, indem die Gegenstände der Empfindung an einem Ort im Raum gelegen erscheinen und meist auch eine räumliche Ausdehnung aufweisen. Töne scheinen von einer (oft nicht genau) bestimmten Stelle herzukommen, getastete und gesehene Gegenstände weisen eine flächenhafte oder körperliche Ausdehnung auf. Es ist wissenschaftlich noch nicht endgültig entschieden, ob die räumliche Anschauung ursprünglich auf einer angeborenen Anlage unseres Geistes beruht oder nicht, jedenfalls aber ist die Entwicklung unserer räumlichen Kenntnisse von den Erfahrungen abhängig, die uns die Sinne (namentlich der Tast-, Seh- und Bewegungsempfindungssinn) vermitteln. Es ist ein Grundgesetz unseres Sinnenlebens, daß wir die Gegenstände der Empfindungen außer uns (entweder außer unseren Leib oder wenigstens außerhalb des vermeintlichen Sitzes unseres Bewußtseins) verlegen oder „projizieren". Alles, was in dieser Weise außer uns (im Raume) liegt, fassen wir unter dem Namen „Außenwelt" zusammen, welcher wir die unräumliche „Innenwelt", die Welt des Empfindens, Denkens, Fühlens und Wollens, gegenüberstellen. Auch die Genauigkeit unserer räumlichen Auffassungen ist von unserer Empfindlichkeit und damit von Aufmerksamkeit und Übung abhängig, was wohl ohne besondere Beispiele jedermann klar sein dürfte.

d) Ähnlich wie bei der räumlichen, wenn auch einfacher, verhält es sich mit der zeitlichen Bestimmtheit der Empfindungen. Jede Empfindung trägt als notwendiges Merkmal einen bestimmten Zeitpunkt des Eintretens und eine bestimmte Dauer des Verlaufes an sich. Daß die Genauigkeit der Auffassung der Eintrittszeit und Dauer eines sinnlichen Eindrucks von einer besonderen Seite unserer Empfindlichkeit (die durch Aufmerksamkeit und Übung beeinflußt ist) abhängt, zeigen die Musiker mit ihren feinen Schätzungen der Hörzeiten. Bei starken Reizen genügt oft eine sehr kurze Zeit, um eine deutliche Empfindung auszulösen. Man denke an die verschwindend kurze Dauer des elektrischen Funkens, der gleichwohl deutlich gesehen wird. Letzteres Beispiel beweist auch, daß die Dauer

des äußeren Vorganges weder mit der Dauer des Erregtseins des Organes, noch mit jener der bezüglichen Empfindung gleich zu sein braucht.

An dieser Stelle sei noch zweier bemerkenswerter Tatsachen des Sinnenlebens kurz Erwähnung getan, der sogenannten „Relativitätsbedingung" und der „Enge des sinnlichen Bewußtseins".

Ein lichter Fleck im Gesichtsfelde beispielsweise wird uns nur dann als Eindruck zum Bewußtsein kommen, wenn er sich von einer dunkleren Umgebung abhebt, und eine Stille wird erst nach einem Lärm (wenn das klappernde Mühlrad still steht) bemerkt. Dagegen wird ein in durchaus unveränderter Weise fortdauernder Sinneseindruck (z. B. das Rauschen eines nahen Wasserfalles, das gleichförmige Tageslicht) nicht als Inhalt unseres Bewußtseins festgehalten.*) Allgemein gesprochen: Wir nehmen nur in solchen Fällen wahr, wo Unterschiede oder Veränderungen in den Eindrücken vorhanden sind (Kontrast- oder Relativitätsbedingung, auch Beziehungsgesetz genannt).

Eine zweite Eigentümlichkeit besteht darin, daß wir zur selben Zeit nur eine engbeschränkte Anzahl von Sinnesbildern im Bewußtsein haben können; meistens vermögen wir sogar in einem Augenblicke bloß eine Grundart von Empfindungen aufzufassen. Im Opernhause ertappen wir uns oft darauf, daß wir eine Zeitlang entweder für die Musik oder für das zu Sehende unaufmerksam sind. Die Aufgabe, gleichzeitig das Anlangen eines Uhrzeigers an einem bestimmten Punkte und das Anschlagen eines Glockenhammers zu beobachten, gelingt auch den Geübtesten nie völlig. Wir nennen diesen Tatbestand „Enge des (sinnlichen) Bewußtseins" oder vielleicht richtiger „Enge der (sinnlichen) Aufmerksamkeit".

Zum Schlusse sei noch auf die allgemeine Beziehung der Sinnesempfindung zum Gefühl und Willen hingewiesen.

---

*) Die Gelehrtengemeinde der Pythagoräer im Altertume glaubte, daß die Himmelskörper bei ihren regelmäßigen Schwingungen durch den Weltraum gewisse Töne hervorbrächten, die zu einem Akkorde, der sogenannten „Sphärenharmonie" zusammenklängen. Auf die Frage, warum diese Akkorde nicht von uns gehört würden, antworteten sie: Weil wir zeitlebens unaufhörlich und unveränderlich denselben Schalleindruck empfangen und ohne Unterschiede oder Veränderungen nicht zu einer Tonauffassung kommen können.

Wir wissen alle aus unserer eigenen Erfahrung, daß Sinnesempfindungen von lebhaften Gefühlen, von Lust und Schmerz begleitet sein können. Manche Musik versetzt uns ohne weiteres Nachdenken in Entzücken, andere in Trauer; der bloße Anblick schöner Farben und Farbenvereinigungen erweckt Lust. Auch Geschmäcke, Gerüche, Tast- und Bewegungsempfindungen (man denke an den Tanz) können starke „Gefühlsbetonung" besitzen. Wenn im täglichen Leben von „sinnlichen" Freuden die Rede ist, so sind damit ursprünglich solche Begleitgefühle gemeint, und sie sind es auch, welchen der sogenannte „sinnliche" Mensch übermäßige Wertschätzung beimißt.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß jede Sinnesempfindung von einer solchen Gefühlsbetonung begleitet ist, wenn auch letztere oft nicht bemerkt wird und nur in der „Stimmung" zur Geltung kommt.

Mit der Gefühlsbetonung hängt es zusammen, daß die Sinnesempfindungen eine mehr oder minder deutliche Kraft besitzen, den Willen anzuregen. An gewisse Gesichtseindrücke (nahe Blitze) knüpfen sich unwillkürliche (reflektorische) Bewegungen, an manche Schälle (Gesang des Weibchens) und Gerüche (einer Speise) wiederum Äußerungen des Instinkts oder der angeborenen Triebe. Beim entwickelten Menschen sind die Sinnesempfindungen im Vereine mit anschließenden Denkvorgängen die Veranlassung zahlreicher zielbewußter Willenshandlungen.

5. Sinnestäuschungen im allgemeinen.

Der Wert der Sinnesempfindungen als Quelle der Erkenntnis der äußeren Welt wird beeinträchtigt durch die wohlbekannte Erscheinung der Sinnestäuschungen. Eine Sinnestäuschung ist (vom Standpunkte der unbefangenen Erfahrung) das Zustandekommen einer Sinneswahrnehmung, bei welcher der Glaube an ein Übereinstimmen des Wahrnehmungsinhaltes mit der Wirklichkeit der Außenwelt irrig ist.*)

*) Die strenge Psychologie unterscheidet zwischen Empfindung und Wahrnehmung. Eine Empfindung ist das psychische Erlebnis, das sich unmittelbar an einen äußeren Eindruck knüpft; eine äußere Wahrnehmung entsteht aus der Empfindung, wenn die Auffassung hinzutritt, nämlich die Aufmerksamkeit und ein Urteil über das Vorhandensein des Wahrgenommenen. Bei der Wahrnehmung wird zwischen „Inhalt" (das, was erlebt wird) und „Gegenstand" (das, was durch den Inhalt erfaßt wird) unterschieden.

Die Sinnestäuschungen werden durch eine besondere Ungewöhnlichkeit der Bedingungen, unter welchen wahrgenommen wird, verursacht. Solche Ungewöhnlichkeiten können gelegen sein: 1. im Gebiete des physikalischen Reizes (z. B. wenn ein Stab, der teilweise in Wasser getaucht wird, für gebrochen angesehen wird); 2. im Gebiete des Organes (z. B. wenn das erkrankte Auge alle Gegenstände gelblich erscheinen läßt); 3. im Gebiete des Wahrnehmungsaktes (z. B. wenn die Größe des Mondes am Horizont überschätzt wird). — Die Sinnestäuschungen können die Qualität (z. B. eine Farbe), die Intensität (z. B. die Tonstärke), das Raummerkmal (z. B. die Lage eines Kirchturms, die Bewegung des eigenen Wagens) oder das Zeitmerkmal (z. B. Überschätzung von Zeitlängen) betreffen. Zahlreiche Beispiele für alle diese Arten wird die später folgende Beschreibung der einzelnen Sinnesgebiete bringen.

Während diese Mehrzahl der Sinnestäuschungen im täglichen Leben und bei voller Gesundheit erlebt wird („funktionelle" Täuschungen), haben gewisse Sinnestäuschungen eine krankhafte Veränderung des Organes oder Nervenapparates zur Voraussetzung („pathologische" Täuschungen). In letzterem Falle sprechen wir von „Halluzinationen" (krankhaften sinnlichen Einbildungen), welche darin bestehen, daß sich beim Leidenden auf einen Reiz hin völlig fremdartige Sinnesbilder von meist ängstigendem Inhalte einstellen und in der Regel für wirkliche Gegenstände gehalten werden. Der Fieberkranke meint oft Hilferufe zu hören oder Gespenster zu sehen oder bildet sich ein, gewürgt zu werden. — Als außergewöhnliche, wenn auch noch nicht krankhafte Sinnestäuschungen befinden wir die „Illusionen", bei welchen eine stark unzutreffende Ausdeutung oder Abänderung eines vorhandenen Eindruckes vollzogen wird (z. B. wenn wir eine Esche für eine weiße Menschengestalt halten). Namentlich unsere Träume (im leichten Schlafe) sind von Illusionen durchwirkt.

6. Zahl und Namen der Sinne.

Nach der volkstümlichen Anschauung besitzt der Mensch fünf Sinne, und zwar den Tastsinn, den Geruchssinn, den Geschmackssinn, den Gehörssinn und den Gesichtssinn. Allein weder die Fünfzahl noch die üblichen Benennungen der Sinne sind von der heutigen Wissenschaft ohne weiteres anerkannt.

Die **Physiologie** hat einige Klassen von Empfindungen besonderen Sinnen zugewiesen oder wenigstens den Tastsinn zu einem Gebiet mit mehreren Teilsinnen erweitert. Die zu den genannten fünf alten Sinnen hinzugefügten sind:

a) Der „thermische" Sinn oder der Sinn für Kälte- und Wärmeempfindungen; b) der Muskelsinn oder der Sinn für Bewegung und Ruhelage der beweglichen Körperteile; manche Forscher sprechen auch von einem Bewegungssinn, andere von Kraftsinn (welcher über die aufgewendete Muskelanstrengung Kunde gibt), noch einige andere von einem Innervationssinn (welcher Empfindungen von der Willensbeeinflussung gewisser Bewegungsnerven vermitteln soll); c) der statische Sinn (berichtet über die Stellung des Kopfes im Verhältnisse zum Körpergleichgewichte); d) der Schmerzsinn (dem die Vermittlung von Schmerz-„Empfindungen" zugeschrieben wird); e) der Raumsinn für räumliche Empfindungen; f) der Zeitsinn für Zeitschätzungen; g) der Vitalsinn, Gemeinempfindungssinn oder „allgemeine" Sinn (gibt Nachricht von dem allgemeinen Wohl- oder Übelbefinden des ganzen Leibes, deshalb auch „somatischer", d. h. leiblicher Sinn benannt).

Von diesen Sinnen sind nicht alle als selbständige anerkannt worden. Den sogenannten Muskel- und den Kraftsinn hat man dem Bewegungssinn einverleibt, das Vorhandensein eines eigenen Innervationssinnes neben dem Bewegungs- oder Muskelsinn mit Recht ganz geleugnet.

Die Annahme eines Raum- und eines Zeitsinnes beruht nach unserer Meinung auf einer mißverständlichen Sonderung von Merkmalen, die allen Sinnesempfindungen zukommen müssen. Der Schmerzsinn ist zwar von vielen Physiologen als bestehend angenommen worden, aber, wie uns scheint, ohne Berechtigung. Neben dem Schmerze als Gefühl noch einen Schmerz als Empfindung zu unterscheiden ist erfahrungswidrig, weil ein leiblicher Schmerz nie gefühlt wird, ohne an einen wirklichen (wenn auch oft nicht deutlich bemerkten) Empfindungsinhalt — z. B. an einen Druck oder Zug, an einen Ton- oder Lichteindruck usw. — gebunden zu sein. Die sogenannten „Schmerz-Nervenfasern" sind höchst wahrscheinlich Tastfasern, deren Reizungen von besonders lebhaften Gefühlstönen begleitet sind. Damit stimmt auch die nähere Beschaffenheit des leiblichen Schmerzes als drückender, ziehender, stechender, bohrender usw. (Einen

Luftsinn und Luftfasern anzunehmen ist übrigens bisher niemand eingefallen.) Wir geben deshalb der Meinung Raum, daß der Schmerz nur ein Begleitgefühl von Sinnesinhalten, aber keine Art sinnlicher Empfindungen darstelle. Zusammenfassend werden wir sonach als Sinne vom physiologischen Standpunkte (und zwar nach den Organen benannt) aufzuzählen haben:

1. Somatischer Sinn,
2. Muskelsinn,
3. Statischer Sinn,
4. Hautsinn (für Temperatur- und Tasteindrücke),
5. Zungen-Gaumensinn (ungebräuchlicher Name),
6. Nasensinn (ungebräuchlicher Name),
7. Ohrensinn,
8. Augensinn.*)

Vom Standpunkte der Psychologie ist der Inhalt der Empfindungen für die Bildung von Sinnesgebieten maßgebend. Nach dem Sinnesinhalte ist der somatische Sinn kein selbstständiger, indem seine Empfindungen sich als Druck- und Zugempfindungen, sowie als Wärme- und Kälteempfindungen darstellen. Auch der Bewegungsempfindungssinn und der statische Sinn geht in letzter Linie in das Gebiet des Sinnes für Druck und Zug (des „mechanischen" oder mechan-ästhetischen Sinnes) auf.

Dagegen sollte nach dem Inhalte ein besonderer Wärme- und ein Kältesinn unterschieden werden, wie aus den nachfolgenden Beschreibungen hervorgehen wird. Wenn wir nun der übersichtlichen Darstellung halber die Sinne für mechanische

---

*) Es ist nicht wahrscheinlich, daß der Mensch über alle in der Tierwelt vertretenen Sinne verfügt. So besitzen beispielsweise die Zitterwelse (Malapterurus electricus), ferner gewisse Rochen- und Engelfische einen elektrischen Sinn, welcher dem Menschen fehlt; auch Hautorgane für die Empfindung der Reinheit und Temperatur des Wassers werden manchen Fischen zugeschrieben. Reptilien sollen ein drittes Auge für das Bemerken der Richtung und Stärke von Wärmestrahlen besitzen. (Nach Haberlandt in Graz kommen auch den Pflanzen Organe für Empfindung und Bewegung zu, die ähnlich wie die tierischen funktionieren.)

Die Höherentwicklung des Menschen wird voraussichtlich nicht auf ein Hinzuerwerben neuer Sinne, sondern auf eine immer bedeutendere Ausbildung seiner Denkfähigkeiten gerichtet sein. Zu dieser Frage vgl. O. Wiener, Die Erweiterung unserer Sinne, Leipzig 1900.

und thermische Eindrücke in ein Hauptgebiet zusammenfassen, so ergibt sich als psychologische Einteilung die folgende:

1. Die Sinnesgruppe für Druck-, Zug- und Temperatur-Empfindungen (einschließend den sogenannten Gemeinempfindungs-Sinn, den Bewegungsempfindungs-Sinn, den statischen Sinn, den Tastsinn in weiterer Bedeutung, den Wärmesinn und den Kältesinn),
2. der Schmecksinn,
3. der Riechsinn,
4. der Hörsinn,
5. der Sehsinn.

In dieser Reihenfolge, welche den Entwicklungsstufen der einzelnen Sinne vom Gemeinempfindungs-Sinn der niedersten Tiere angefangen bis zu dem hochausgebildeten Sehsinn des Menschen entspricht, sollen auch unsere näheren Besprechungen angeordnet sein.

II. Kapitel.

Die Sinnesgruppe der Druck-, Zug- und Temperatur-Empfindungen.

1. Der Gemeinempfindungs-Sinn.

Die Annahme eines Gemeinempfindungs-Sinnes (der auch allgemeiner, Vital- oder somatischer Sinn genannt wird) erscheint physiologisch dadurch nahegelegt, daß die Erfahrung eine große Reihe von Empfindungen mit starker Gefühlsbetonung aufweist, welche sich an kein einzelnes Sinnesorgan, sondern an den Körper im ganzen oder an größere körperliche Bezirke geknüpft darstellen. Auch viele neuere Psychologen sehen sich veranlaßt, dieses Sinnesgebiet als ein gesondertes zu beschreiben, obwohl der Empfindungsinhalt dies nicht fordert.

Die Empfindungen des Gemeinempfindungs-Sinnes sind die sogenannten Gemeinempfindungen, auch (ungenau) Körpergefühle, Gemeingefühle oder Organempfindungen benannt. Ihre am wenigsten deutlich ausgesprochene Stufe pflegt man nach der Gefühlsbetonung schlechtweg als „Lebensgefühl" zu bezeichnen, welches alle bewußten und unbewußten Vorgänge im

Menschen stetig begleitet und den gefühlsmäßigen Untergrund des gesamten körperlich-seelischen Lebens bildet.

Deutlichere Stufen bezeichnen die Empfindungen, mit welchen Wohlbehagen und Mißbehagen, Freiheits- und Kraftgefühl, Mattigkeit, Hunger, Durst, Sättigung, Atmungs- und Verdauungsbeschwerden, Bangigkeit usw. verbunden sind. Manche rechnen auch die Erscheinungen des Schwindels, des Juckens und Schauderns, sowie die Wollust dazu, obwohl dieselben sehr zusammengesetzter Natur sind.

Wie jedermann aus seiner Selbstwahrnehmung bestätigen kann, haben die eigentlichen Empfindungen, welche den ebengenannten Zuständen zugrunde liegen, Druck und Zug, Quetschung und Drehung an der Haut oder im Leibesinnern, sowie Wärme und Kälte zum Inhalte. Dem wirklichen Inhalte nach gehören sonach die Gemeinempfindungen zum Tastsinn in weiterer Bedeutung, teilweise auch zum Wärme- und Kältesinn und bilden psychologisch kein selbständiges Sinnesgebiet. Manche derartige Empfindungen scheinen am Kopfe; an der Brust oder am Unterleib, andere in mehr oder weniger bestimmten inneren Bezirken ihren Sitz zu haben, meistens jedoch stellen sie sich als einen örtlich und zeitlich höchst unbestimmten Zustand des Gesamtleibes dar. Deutliche Qualitäten und Stärkegrade lassen sich bei Gemeinempfindungen in der Regel nicht bemerken.

Eben diese Verschwommenheit des Inhaltes ist schuld, daß wir die Gemeinempfindungen nicht zureichend von den damit verbundenen Gefühlen gesondert zum Bewußtsein bringen können und auch in der sprachlichen Bezeichnung eigentlich nur die zugehörigen verwickelten Gefühlszustände treffen.

Als Organ des Gemeinempfindungs-Sinnes pflegt man, wie bereits erwähnt, den Leib im ganzen oder größere Teile desselben anzugeben, als Reize Blutwallungen und Stockungen, Vorgänge in den Nerven, Muskeln und Gefäßen, chemische und Temperatureinflüsse. Eine allseitig befriedigende, wissenschaftlich erschöpfende Untersuchung des Gemeinempfindungs-Sinnes fehlt noch.*)

---

*) Eines der besten Bücher darüber ist: Beaunis, Sensations internes, Paris 1889. — Die einschlägigen Schriften von E. H. Weber und O. Funke sind im Abschnitte 4 (Tastsinn) angeführt.

2. Der Bewegungsempfindungs-Sinn.

Als Bewegungsempfindungs-Sinn (oder minder passend Muskelsinn) bezeichnen wir jenen, welcher die Empfindungen der Lageveränderung und Ruhe beweglicher Körperteile vermittelt. Wer mit geschlossenen Augen die Hand oder den Kopf hebt, auf und ab bewegt oder dreht, merkt deutlich eigentümliche Empfindungen in den Muskeln, Sehnen und Gelenken, welche Empfindungen ihm über die vollzogene Lageveränderung Nachricht geben. Unmittelbar nach dem Aufhören solcher Bewegungen tritt in der Regel das Bewußtsein der Ruhe ein. Nicht zu den eigentlichen Bewegungsempfindungen gehören die Empfindungen der Dehnung, Pressung oder Drehung der äußeren Haut, welche sich gleichzeitig einzustellen pflegen. Auch die Herz- und Darmbewegungen, sowie die Bewegung der Augenmuskulatur liefern oft deutliche Eindrücke. Namentlich sind die letzterwähnten Empfindungen wichtig, indem die Lageveränderungen der sechs Augenmuskeln zur Ausbildung unserer Kenntnis des Raumes verwertet werden. Aber auch die Bewegungen der Finger, Arme, Beine und des Kopfes sind zur Gewinnung richtiger Vorstellungen von räumlichen Gebilden unentbehrlich.

Genauere Selbstwahrnehmungen zeigen, daß bei der gewollten (aktiven) Leibesbewegung die Bewegungsempfindung einen anderen Charakter aufweist, als bei der durch äußeren Eingriff bewirkten, ungewollten (passiven) Leibesbewegung. Verschieden von diesen beiden Empfindungsinhalten ist jener der Ruhe (nach vorausgegangener Bewegung). Wir haben also drei oder wenigstens zwei Qualitäten dieses Sinnesgebietes zu unterscheiden.

Das Maß der Anstrengung bei aktiver Bewegung und des Druckes oder Zuges bei passiver Bewegung stellt die Intensität (Stärke) der Bewegungsempfindung dar. (Von einer Intensität der Ruheempfindung kann nur im uneigentlichen Sinne gesprochen werden.) Wird die Intensität einer Bewegungsempfindung in den Vordergrund des Interesses gerückt, so pflegt man auch von „Kraftempfindung“ zu sprechen. Doch wäre die Annahme eines eigenen „Kraftsinnes“ ebenso verkehrt, wie die eines „Laut“- oder „Leise“sinnes.

Zur räumlichen Bestimmtheit der Bewegungsempfindungen gehört z. B. die Winkelweite der Arm- und Beinbewegung,

ferner die Ortsanweisung (Lokalisation) der Empfindungen in gewisse Muskeln, Sehnen und Gelenke. Eine zeitliche Bestimmtheit ist z. B. in der Dauer und Raschheit vollzogener Bewegungen gegeben. Wiederholen sich gewisse Bewegungen oder zusammengehörige Gruppen von Bewegungen in ähnlichen Zeitabschnitten, so gelangen wir zum Bewußtsein eines „Rhythmus". Für taube Menschen ist diese Quelle der Kenntnis von Rhythmen die wichtigste; bei Vollsinnigen kommen noch Gesicht und Gehör als weitere Quellen dazu.

Prüfen wir die bisherige Beschreibung der Bewegungsempfindungen, so drängt sich uns die Erkenntnis auf, daß dieselben vom psychologischen Standpunkte kein eigenes Sinnesgebiet darstellen, sondern als Teil dem Sinne für Druck- und Zugempfindungen (Tastsinn weiterer Bedeutung) zuzurechnen sind. Alles, was uns der Bewegungssinn berichtet, ist in letzter Linie Druck und Zug, Berührung und Spannung mit der einzigen Besonderheit, daß diese Eindrücke in das Leibesinnere (nicht auf die äußere Haut) verlegt werden.

Als Organ der Bewegungsempfindungen sind die bei Bewegungen beteiligten Muskeln, Bänder, Sehnen und Gelenke anzusehen, von wo aus zugeordnete Nerven nach dem Gehirn verlaufen. Das Wort „Muskel"-Empfindung ist also eine verkürzte physiologische Benennung. Die Muskeln bestehen aus dünnen Bündeln von Fleischfasern, die wieder zu größeren Bündeln vereinigt sind. Letztere werden durch Zellhäute mit Gefäßen und Nerven zusammengehalten. Die meisten Muskeln gehen an ihren Enden oder Rändern in Sehnen über, welche zur Anheftung an die Knochen dienen. Die Physiologie unterscheidet willkürliche (organische, quergestreifte) und unwillkürliche (vegetative, glatte) Muskeln. Die Bewegung der Körperteile erfolgt durch Zusammenzug oder Erschlaffung der Fasern der beteiligten Muskeln und stellt eine Umwandlung von chemischer Spannkraft (welche durch die Ernährungsvorgänge angehäuft wird) in lebendige Kraft dar. Die Reize, welche Bewegungsempfindungen auslösen, bestehen in den Abänderungen und Wiederherstellungen der Lage jener Organteile.*)

*) Über den Muskelsinn und die Bewegungsempfindungen handeln u. a.: E. Mach, Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen, Leipzig 1875, und Goldscheider, Untersuchungen über den Muskelsinn im Archiv für Physiologie, 1889, auch Gesamm. Abhandlungen, II. Bd., Leipzig 1899.

Dem Laien könnte scheinen, daß das Bewegungssinnesgebiet für unser geistig-leibliches Leben von sehr untergeordneter Bedeutung sei. Dem ist aber nicht so. Die Bewegungsempfindungen sind intensiv, räumlich und zeitlich außerordentlich fein abgestuft. Sie sind es, welche uns die verwickelten Leistungen des Gehens und Springens, aber auch des Sprechens und Singens ermöglichen. Daß wir sprechen können, beruht auf einem teilweise angeborenen, teilweise durch Erfahrung und Übung erworbenen Vermögen, unsere Bewegungsempfindungen im Kehlkopfe und Munde überaus genau zu unterscheiden und in der Erinnerung zu bewahren, welches Vermögen uns in die Lage setzt, den reichgegliederten Apparat für die Bildung der Sprachlaute mit Sicherheit zu beherrschen. Freilich tritt von alledem nur wenig in die helle Beleuchtung unseres Bewußtseins. Noch um eine Stufe höher in der Entwicklung dieses Sinnes als der gewöhnliche sprechende Mensch steht der Kunstsänger mit seiner Fähigkeit der ausdrucksvollen Tonbildung. Nach anderer Seite hin ist dieses Gebiet beim Klavierspieler, Seiltänzer und Schwarzkünstler vervollkommnet. — Am wichtigsten vielleicht ist die Rolle des Bewegungsempfindungssinnes bei der Ausbildung unserer Kenntnis des Raumes. Aus dem Maße der zum Abschauen einer Strecke notwendigen Augenmuskelbewegung schließen wir auf die Abstände und Flächenausdehnungen. Die Fingerbewegungen klären uns überdies über die zartesten Unterschiede der körperlichen Gestalt auf, und den Raum im großen lernen wir am rascheſten kennen, indem wir ihn schreitend durchmessen.

Das hier beschriebene Sinnesgebiet hat auch Sinnestäuschungen zu verzeichnen, wozu die Erscheinung gehört, daß wir ein Gewicht als leichter schätzen, wenn wir nicht unmittelbar beteiligte Muskeln gleichfalls zusammenziehen; lassen wir alle nicht arbeitenden Muskeln erschlaffen, so scheint sich das Gewicht merklich zu vergrößern. Diese Täuschung entsteht, indem wir den Kraftverbrauch der das Gewicht hebenden Muskeln vergleichsweise unterschätzen, wenn auch benachbarte Muskeln viel lebendige Kraft in Anspruch nehmen.

Zum Schlusse seien noch einige Beziehungen des Muskelsinnes zum Gefühl und Willen kurz besprochen. Die Muskelempfindung tritt, auch wenn sie nur wenig oder gar nicht die Bewußtseinsschwelle überschreitet, mit charakteristischen Gefühlen

auf. Man nennt dieselben Muskelgefühle. Die angemessene Betätigung der Muskeln ist mit Lust, die Übermüdung mit Unlust verbunden; die Krafterneuerung während der Ruhe pflegt lustbetont zu sein. Es ist ein allgemeines psychisches Gesetz, daß die normale Beschäftigung der Sinne und die lebhafte Betätigung der körperlichen Kräfte eine reiche Quelle anhaltender Lustgefühle ist. Diese Lust wird besonders gesteigert durch eine Rhythmik im Spiel der Sinne und Kräfte. Auf dem Gebiete des Muskelsinnes ist der Tanz mit seinen an den musikalischen Takt sich anschmiegenden Bewegungsrhythmen das bezeichnendste Beispiel hierfür. Alle Arten von Sport, namentlich Laufen, Schwimmen, Reiten, Radfahren und Bergsteigen sind schon deshalb genußreich, weil sie Gelegenheit zur starken (noch nicht übermäßigen) Kräfteentfaltung liefern. Und wenn ein Naturmensch ohne erkennbaren äußeren Anlaß plötzlich zu jauchzen und springen anfängt, so treibt ihn im Grunde nichts anderes als die Lust aus den Bewegungsempfindungen selbst.

Zum Willen steht der Muskelsinn in engster Beziehung. Jedesmal, wenn der Wille auf eine äußere Wirkung abzielt, wie namentlich bei der „bewußten Handlung", wird diese Wirkung durch Muskelbewegungen (der Gliedmaßen, der Sprachwerkzeuge usw.) eingeleitet werden, wobei sich das reiche Spiel geordneter Bewegungs- und Ruheempfindungen, sowie der Erinnerungen an solche einstellt. Aus dieser Tatsache erklärt sich auch die Verirrung mancher Physiologen, die den Willen überhaupt als bloße Muskelempfindung erklären wollen.*)

3. Der statische Sinn.

Daß der Mensch einen statischen Sinn besitzt, dessen Empfindungen ihn über die Gleichgewichtslage des Kopfes (und mittelbar auch des Rumpfes) aufklären, kann aus wohlbekannten Tatsachen erschlossen werden. Beim Tauchen in tiefen Seen verliert der gesunde Mensch nie vollends die Fähigkeit der

*) Noch wunderlicher ist die Behauptung, daß der Wille in „Innervations-Empfindungen" aufzulösen sei. Eine eigene Innervations-Empfindung ist jedoch nach Ziehen, Physiol. Psychologie, S. 57, ein Phantasiegebilde. Die psychologische Erfahrung weist von Innervations-Empfindungen nichts auf. Daß der Begriff „Innervation" als physiologischer nicht seine volle Berechtigung hat, soll damit keineswegs gesagt sein.

Unterscheidung von oben und unten, und während des Gehens verfügt er, ohne darauf zu achten, über sehr feine Empfindungen hinsichtlich der Lage seines Kopfes und Rumpfes. Letztere Empfindungen sind es, welche das stete Behaupten der „Balance“ (des Gleichgewichtes) ermöglichen. Nun wird freilich die jeweilige Stellung der beweglichen Leibesteile in der Hauptsache durch Muskelempfindungen angezeigt. Kündigt doch der ausgestreckte Arm vermöge seiner Schwere sehr bald das Oben und Unten an. Aber die feineren Unterscheidungen hinsichtlich der Kopfhaltung und aller jener Lageverhältnisse, bei welchen die Schwere nicht merkbar wirkt, weisen auf einen besonderen Teilsinn, den „statischen“ hin.

Das Bestehen eines solchen wird erst seit einigen Jahren allgemein anerkannt.*) Das Organ des statischen Sinnes befindet sich im innersten Ohre, dem sogenannten Labyrinthe, und besteht aus drei halbkreisförmigen Bogengängen, an deren Wurzel sich Anschwellungen („Ampullen“) befinden. Diese Anschwellungen enthalten ein nervenreiches weiches Gewebe, in dem einige Steinchen (Statolithen, früher Otolithen genannt) eingebettet liegen.

Die Bedeutung des statischen Organes, das man bis vor kurzem für einen Teil des Hörorganes selbst hielt, wurde erst begriffen, als man bei niederen Tieren gleichartige Gebilde fand und ihre Bestimmung nachwies. Bei Quallen beispielsweise finden sich Statolithen, welche an vier Federn aufgehängt sind. Je nach der Lage des Tieres wirkt das Steinchen durch sein Gewicht in besonderer Weise auf die haltende Feder, welche Umstände das Tier empfindet und zur Beurteilung seiner Gleichgewichtslage verwertet. Wird dieses Organ bei der Qualle zerstört, so schwimmt sie in den unnatürlichsten Stellungen, als hätte sie die Unterscheidung von oben und unten eingebüßt. — In ähnlicher Weise scheinen die Statolithen im menschlichen Ohre zu wirken. Die Statolithen des Menschen sind kleine Kristalle aus kohlensaurem Kalk, welche ihr Unterlagegewebe je nach der geradlinigen Bewegung des Kopfes anders drücken oder hin und her gleiten. Diese Reize liefern (durch die

---

*) Nach den Forschungen der Physiologen Breuer (1874), J. R. Ewald, Mach, Goltz, Verworn u a. Grundlegende erste Beobachtungen lieferte vor allem Mach (Versuche über den Gleichgewichtssinn, Wien 1874).

statischen Nervenfasern) bezügliche Nachrichten an das zugeordnete Sinneszentrum im Gehirn. Bei nicht geradlinigen oder Drehbewegungen des Kopfes wirken dagegen die Strömungen der zähen Flüssigkeit (Endolymphe) innerhalb der Bogengänge als Reiz auf das statische Nervenbündel. Eine genaue Untersuchung hat gezeigt, daß der achte Hirnnerv, den man bisher schlechtweg Hörnerv nannte, aus zwei Bündeln bestehe, welche durch denselben engen Knochenkanal aus dem Innenohr in das Gehirn übertreten. Im Innenohr selbst sind die Bündel getrennt, indem das eine aus der Schnecke kommt und Schallreize vermittelt, das andere Bündel jedoch von den Bogengängen und ihren Ampullen ausgeht und den statischen Reizen gewidmet ist. Erst durch die Auffindung des statischen Organes wurde die Erklärung der merkwürdigen Schwindelzustände bei Personen möglich, deren Bogengänge erkrankt sind, ohne daß die Hörfähigkeit vermindert wäre.*)

Vom psychologischen Standpunkte können wir dem statischen Sinn keine Selbständigkeit neben dem Sinnesgebiete der Druck- und Zugempfindungen zuerkennen. Die statischen Empfindungen sind, soweit sie überhaupt erkennbar werden, eine besondere Art von Druckerscheinungen und als solche jedenfalls nicht eigenartig genug, um psychologisch einen besonderen neuen Sinn zu fordern. Der Physiologe mag immerhin zu einer solchen Sonderung gute Gründe haben.

4. Der Tastsinn in weiterer Bedeutung.

a) Das Sinnesgebiet im allgemeinen.

Der Tastsinn in weiterer Bedeutung gibt uns Nachricht über Druck und Zug an der äußeren Haut. Seine Modalitäten (Grundgattungen von Sinnesinhalten) sind äußerer Druck und äußerer Zug, die je nach ihrer aktiven oder passiven Herkunft verschiedene Qualität aufweisen. Zur besseren Übersicht stellen wir diese Inhalte wie folgt zusammen:

---

*) Schon im Jahre 1828 hatte der französische Physiologe Flourens bemerkt, daß eine Taube, welcher er einen Bogengang durchschnitten hatte, den Kopf in der Richtung dieses Ganges schwindlig auf und ab bewegte, als hätte sie gerade für eine bestimmte Lage ihr Gleichgewichtsbewußtsein eingebüßt.

a) Modalität des äußeren Druckes;
1. Qualität des (aktiven) Drückens, das „Tasten" in enger Bedeutung (z. B. der Empfindungsinhalt, wenn wir auf eine Metallverzierung die Finger prüfend auflegen);
2. Qualität des (passiven) Gedrücktwerdens oder der Lastempfindung (z. B. Druck eines Gewehres auf die Schulter);

b) Modalität des äußeren Zuges;
1. Qualität des (aktiven) Ziehens oder der Hebeempfindung (z. B. beim Öffnen einer Türe);
2. Qualität des (passiven) Gezogenwerdens (z. B. beim Aufheben einer Hautpartie mittels einer Zange, auch beim Tragen eines schweren Ohrringes).

Die Empfindungen des Zerrens und Drehens an der äußeren Haut erweisen sich als zu dieser zweiten Modalität gehörig.

b) Das Organ: Die Haut.

Der näheren Beschreibung der Erscheinungen des Tastsinnes in weiterer Bedeutung soll ein kurzer Bericht über dessen Organ, die äußere Haut, vorangehen.

Die äußere Haut weist drei Hauptschichten auf und zwar:
1. Die Hornhautschicht (wissenschaftlich Epidermis, d. h. Oberhaut, genannt, Fig. 3*a*), aus hornartiger Substanz bestehend, die sich durch Austrocknung der tieferen Schicht bildet;
2. die Lederhautschicht (Cutis, Chorium), etwa 2 bis 3 mm dick (Fig. 3*b*), welche nach außen riffartige Erhebungen, „Papillen" (und zwar Gefäßpapillen und Nervenpapillen) besitzt (Fig. 3*d*);
3. die Fetthaut oder das Unterhaut-Zellgewebe, etwa 3 bis 6 mm dick, enthaltend Fettablagerungen (Fig. 3*f*), Blutgefäße und Schweißdrüsen (Fig. 3*e*).

Zwischen der Hornhaut und Lederhaut (die unterste Schicht der ersteren bildend) befindet sich das weiche, lockere Malpighische Schleimnetz (Fig. 3*c*, nach seinem ersten Erforscher Malpighi so benannt), in welches die Papillen der Lederhaut hineinragen.

Diese Papillen sind in langen Reihen mit Furchen dazwischen angeordnet, deren Verlauf sich oft auch äußerlich, beispielsweise in der Hornhaut des Handtellers, deutlich ausprägt. Die große Mehrzahl der Papillen enthalten schlingenförmige Blutgefäße (Fig. 4 *m*), die Minderzahl (etwa 1/4) sogenannte **Tastkörperchen** oder Meißnersche Körperchen, welche winzigen Spinnrocken ähnlich scheinen (Fig. 4 *n*). In letzteren Nervenpapillen, von denen in der Innenhand etwa 20 auf einem Quadratmillimeter stehen, enden die eigentlichen **Tastnerven**. Findet ein Druck auf die Haut statt, so werden wahrscheinlich die Tastkörperchen von außen nach innen zusammengepreßt, welchen Reiz die zugehörigen Nervenfasern nach dem Hirnzentrum leiten, woselbst ein der Tastempfindung entsprechender Prozeß vor sich geht.

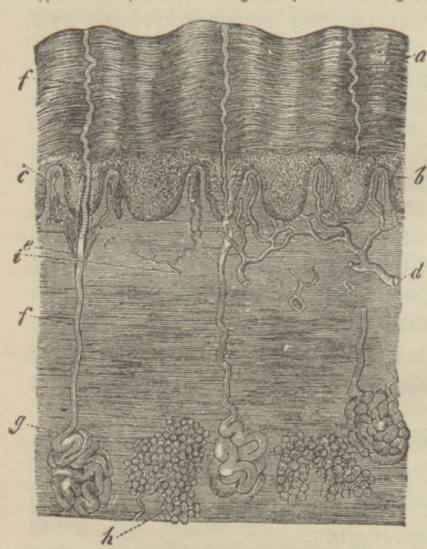


Fig. 3. Senkrechter Durchschnitt der Haut des Menschen (nach Reclam).

Beim Ziehen der Haut bildet vermutlich die Verlängerung desselben Endorganes den Reiz. Die Art des Reizes bei Wärme- u. Kälteempfindungen ist noch nicht sicher erkannt. Werden Haut- oder Fleischteile, welche die Endigungen bestimmter Nerven (namentlich des dreigeteilten Nerven) enthalten, durch mechanischen oder chemischen Eingriff zerstört, so ist die Reiznachricht von Schmerz begleitet. —

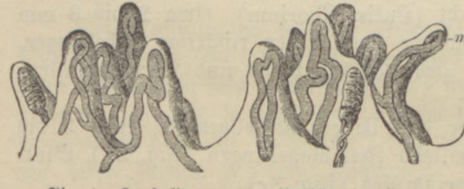


Fig. 4. Zwei Gruppen von Papillen der Haut des Zeigefingers (nach Reclam).

Beim Menschen (mehr noch bei Katzen und Nagetieren) vermitteln auch die in die Lederhaut eingesenkten Haare gewisse Tasteindrücke an die Meißnerschen Körperchen und ihre Nervenenden. Den Nägeln und Zähnen kommt eine ähnliche Rolle zu.

Außer den genannten Endgebilden finden sich in der Haut noch die Vaterschen oder Pacinischen Körperchen (häufig in der fleischigen Umgebung der Sehnen und Gelenke), die Krauseschen Endkolben (in der Nasen- und Lippenschleimhaut, in der Bindehaut des Auges, auch in den Schamteilen), die Merkelschen Tastzellen (häufig in den Rüsseln der Schweine) und die Grandryschen Körperchen (in der Wachshaut der Entenschnäbel). Eine befriedigende Erklärung der Rolle, welche diese Gebilde im Sinnesleben spielen, ist bis jetzt nicht gelungen. In der Haut und im Fleisch finden sich übrigens allenthalben auch freie Nervenausläufer ohne Endgebilde.

Noch zwei Mitteilungen seien hier beigefügt. Sorgfältige Untersuchungen haben gezeigt, daß die Tastempfindungen von einer Hautstelle um so reicher und feiner sind, je zahlreicher gerade die Tastkörperchen an jener Stelle vertreten sind. In dieser Hinsicht besonders bevorzugte Stellen sind die Handteller, Fingerspitzen, Fußsohlen, Lippen und Schamteile. Dagegen weist die Rücken- und Gesäßhaut vergleichsweise wenige Nervenpapillen und geringe Tastempfindlichkeit auf. Wichtig ist auch die folgende Beobachtung: Während manche Hautbezirke für mäßige Reize bestimmter Art fast unempfindlich sind, liefern gewisse kleine Fleckchen nebenan die deutlichsten und feinsten Nachrichten. Man bezeichnet solche Fleckchen als „Druckpunkte" der Haut, neben welchen Wärmepunkte, Kältepunkte, und von manchen auch noch Schmerzpunkte unterschieden werden.*)

c) Äußere Druck- und Zugempfindungen.

Die Druckempfindung gibt uns Kunde über gewisse Beschaffenheiten äußerer Körper, welche unserer Haut Widerstand

*) Vgl. Goldscheider, Gesamm. Abhandl., 1. Bd., Physiologie der Hautsinnesnerven, Leipzig 1898; Dessoir, Über den Hautsinn, Archiv für Anatom. und Physiol., Leipzig 1892; E. H. Weber, Tastsinn und Gemeingefühl, in Wagners Handwörterbuch d. Physiol. (III. Bd., 2. Abteilung), 1843—52; O. Funke, Der Tastsinn und die Gemeingefühle in Hermanns Handbuch der Physiologie, III. Bd., 2. Teil, Leipzig 1879 ff. — Das Psychologische behandelt Höfler, Psychologie, Wien und Prag 1897, S. 124 ff.

leisten. Bei festen Körpern unterscheiden wir die Qualitäten hart und weich, rauh und glatt, spitzig und stumpf. Aber auch Flüssigkeiten und Gase liefern beim raschen Hindurchbewegen der Hand qualitativ bestimmte Druckreize. Druckqualitäten unterscheiden wir sowohl beim (aktiven) Drücken als beim (passiven) Gedrücktwerden. Allein die Erfahrung lehrt, daß aktives Hinwegstreichen, Greifen und Heben weitaus reicheren Inhalt darbieten, als das bloße Belastetsein, was daher kommt, daß beim eigentlichen Tasten auch Bewegungsempfindungen hinzutreten, so daß also Tast- und Muskel-Sinnesnachrichten zusammenwirken. Genauere Beobachtung lehrt uns ferner, daß wir mit bewegtem Organ (Zunge, Finger) vorzugsweise die Gestaltmerkmale des getasteten Gegenstandes (Teppichs) bemerken, dagegen bei Berührtwerden (mit einem Stäbchen) mehr die Beschaffenheit des ruhenden Organes (Handrückens) zum Bewußtsein bringen.

Die qualitative Genauigkeit (wie auch die intensive Feinheit) des Tastens wird einerseits durch Anspannung der Aufmerksamkeit, andererseits durch Übung gesteigert. Ist unsere Aufmerksamkeit anderweitig gefesselt, so spüren wir die Hand des Freundes auf der Achsel nicht, während wir bei aufmerksamem Befühlen einer Glasröhre kleine (kaum sichtbare) Unregelmäßigkeiten entdecken können. Der geübte Arzt findet mit seiner Sonde unschwer die Stelle, wo die Flintenkugel im Fleische sitzt. Am lehrreichsten in diesem Punkte sind die Erfahrungen an solchen Personen, bei welchen körperliche Gebrechen zu einer besonderen Übung des Tastsinnes geführt haben. Wir haben einen Geigenspieler ohne Arme gekannt, der mit den Zehen sein Instrument recht gut beherrschte. Die vor einigen Jahren verstorbene taubstumme und blinde Amerikanerin Laura Bridgman brachte es bloß mit Hilfe ihres Tastsinnes zu einer ansehnlichen Intelligenz und Erfahrung. Sie spürte, wenn sie ihre Finger ans Schlüsselloch legte, am Luftzittern, ob sich im Nebenzimmer jemand bewege und erkannte durch Anfühlen eines Rockrandes, ja selbst an der Schritterschütterung zahlreiche Personen ohne sonderliche Mühe.*) Die noch lebende blinde Taubstumme Helene Keller ist geistig so reif, daß sie in den letzten Jahren versuchte, Lateinisch und

*) Nach Prof. Jerusalems Schrift Laura Bridgman, Wien 1891.

Griechisch zu lernen. Fetten Druck liest sie mit den Fingerspitzen rasch und sicher.*)

Die eben erzählten Fälle betreffen nicht nur die Qualität sondern noch mehr die Intensität oder Stärke der Druckempfindungen. In diesem Punkte bestehen auch unter vollsinnigen Menschen große Verschiedenheiten. Man denke nur an die Empfindlichkeit der Hände eines Packträgers und der eines Bildhauers hinsichtlich der Druckstärken.

Für Zugempfindungs-Qualitäten und -Intensitäten gilt im allgemeinen das Gleiche wie bei Druckempfindungen. Reine Zugempfindungen haben wir verhältnismäßig selten. Hängen wir eine schwere Kette um den Hals oder heben mit gekrümmten Fingern ein Gewicht vom Boden auf, so stellen sich hierbei nicht bloß äußere Zugempfindungen, sondern mehr noch äußere Druckempfindungen ein. Beim Heben kommen ferner die Bewegungsempfindungen, deren Inhalt stets innerer Druck und Zug ist, hinzu.

Überaus wertvoll ist uns der Tastsinn weiterer Bedeutung für die Erkenntnis der räumlichen Lage und Ausdehnung von äußeren Körpern, wenn auch der Sehsinn uns in dieser Hinsicht viel wichtiger zu sein scheint. Man kann an Kindern und operierten Blinden beobachten, daß der Sehsinn vom früher ausgebildeten Tastsinn erst das richtige Deuten des Tiefenanblicks erlernt und überhaupt in seiner Ausbildung von der Erfahrung durch Berühren und Bewegen wesentlich abhängig ist.

Zur räumlichen Bestimmtheit der Tastempfindung gehört auch die Fähigkeit, bei einem äußeren Eindruck den besonderen Ort auf der Haut bestimmen zu können, wo der Gegenstand seine drückende oder ziehende Wirkung ausübt (Vermögen der „Ortsanweisung" oder „Lokalisation").

Der Philosoph und Physiologe Hermann Lotze sucht diese Fähigkeit durch die Annahme verständlich zu machen, daß jede

---

*) Über die überraschenden Fähigkeiten des blinden Professors Saunderson und des taubstummblinden Korbflechters Noack erzählt uns Reclam, Leib des Menschen, Stuttgart 1879, S. 233 f. — Einen lehrreichen Bericht über den blind und taub geborenen David Gilbert Tate lieferte Dr. Hibbert in der Wiener Zeitschr. f. Kunst, Literatur usw., Wien 181, S. 267.

Hautstelle neben dem Tasteindruck auch eine eigenartige Färbung dieses Eindruckes, ein „Lokalzeichen" liefere, an welchem der Ort der äußeren Einwirkung erkannt wird (Lotzes Lokalzeichen-Theorie). In der Tat wird die Berührung der Stirnhaut mit einem Stäbchen einen anders beschaffenen Eindruck hervorrufen (ein anderes „Lokalzeichen" mitführen), als die gleichstarke Berührung etwa der Bauchhaut mit demselben Stäbchen. Auch die Berührung des oberen Teiles der Innenhand wird „im Lokalzeichen" von der gleichartigen Berührung des unteren Teiles der Innenhand deutlich unterschieden sein. Nicht jede Hautstelle zeigt gleiche Feinheit hinsichtlich der Ortsbestimmung eines Druckreizes. Man kann sich davon leicht überzeugen, indem man zuerst die Wange einer Person mit einem Stäbchen berührt und sich mit einem zweiten Stäbchen den Ort der Berührung zeigen läßt, hierauf denselben Versuch mit einer Stelle des Oberarmes wiederholt (wobei natürlich die Versuchsperson die Augen stets geschlossen haben muß). Die Stirn wird in einem solchen Falle ein genaueres „Lokalisieren" aufweisen als der Oberarm.

d) Versuche mit dem Tastzirkel.

Viel genauer und ergebnisreicher waren die Versuche des Physiologen Ernst Heinrich Weber, welche sich auf die Empfindlichkeit im Unterscheiden zweier Druckreize bezogen. Weber prüfte, wie weit man die (abgestumpften) Spitzen eines Zirkels voneinander entfernen müsse, damit die Versuchsperson bei Auflegen des Zirkels auf eine Hautstelle noch zwei getrennte Spitzen empfinde.

Es zeigte sich bei diesen Versuchen, daß man die Spitzen des „Tastzirkels" etwa 4 mm weit öffnen könne, ohne daß beim Auflegen auf der Unterlippe bemerkt wurde, daß zwei getrennte Spitzen aufliegen. Die Versuchspersonen hielten eben (bei geschlossenen Augen) den aufgelegten Zirkel für ganz zusammengeklappt, d. h. sie empfanden nur eine Spitze. Erst bei etwa 4,5 mm Spitzenentfernung wurden getrennte Spitzen empfunden. Am unempfindlichsten erwies sich hinsichtlich solcher Unterscheidungen der Rücken.

Nach den Weberschen Versuchen fühlt ein Erwachsener zwei Zirkelspitzen getrennt:

			Spitzenabstand.
auf der Zungenspitze	bei	1,1 mm	
„ dem Zeigefinger (innen)	„	2—2,3 „	
„ der roten Lippe	„	4,5 „	
„ der Nase	„	7 „	
„ der Stirn (untere Partie)	„	22,6 „	
„ der Mitte des Nackens	„	67,7 „	

Diese Durchschnittszahlen geben offenbar einen Maßstab für die Feinheit der Tastempfindungen überhaupt auf den verschiedenen Hautstellen des Leibes.

Man hat jene Feststellungen auch mit anderen Instrumenten und nach anderen Methoden vorgenommen. So verwendete man beispielsweise das „Sievekingsche Ästhesiometer", bestehend aus einem Metallstab mit daran verschiebbaren zugespitzten Schrauben. Oder man bewegte den gleichbleibend geöffneten Tastzirkel über verschiedene Hautstellen der Versuchsperson und ermittelte, an welchen Stellen die Versuchsperson ein Auseinandergehen oder Annähern der Spitzen wahrzunehmen angab. Wo sich der Spitzenabstand zu erweitern schien, wurde augenscheinlich die Feinheit der Haut im Tastempfinden eine größere. Der Philosoph und Physiker G. Th. Fechner untersuchte, bei welchem Spitzenabstand zwei Tastzirkel, auf verschiedene Hautstellen aufgelegt, als gleichweit geöffnet empfunden wurden.

Eine Erklärung der Verschiedenheit der Hautstellen hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit für getrennte Spitzen hat E. H. Weber versucht. Er lehrte, daß sich auf der Haut „Empfindungskreise" befinden, d. h. Bezirke, in welchen sich nur eine einzige Nervenfaser mit ihren Endfäden strahlig verbreitet. Solche Empfindungskreise scheinen sich auf den meisten Hautstellen vielfach zu kreuzen. Treffen nun beide Zirkelspitzen in denselben Kreis oder in unmittelbar benachbarte Kreise, so entsteht kein Eindruck von zwei Spitzen; ein solcher Eindruck entsteht nur, wenn die Spitzen genügend getrennte Kreise berühren — in diesem Falle sind nämlich die zwei Empfindungen hinsichtlich ihres Reizortes hinreichend ungleichartig, um voneinander unterschieden werden zu können. Die empfindlicheren Hautstellen sind nach dieser Lehre solche mit zahlreichen sich kreuzenden Empfindungskreisen. Die Verfeinerung durch Übung wird durch die Annahme verständlich, daß die Wiederholung der Eindrücke die Fähigkeit erhöht, die ähnlichen Reize naher Kreise noch zu unterscheiden.

Aus diesen mannigfachen Experimenten mit Zirkelspitzen und ähnlichen Hilfsmitteln schöpfte man folgende allgemeine Erfahrungen:

Die Unterschiedsempfindlichkeit ist um so größer, je zahlreicher die Tastnerven-Enden an der betreffenden Hautstelle sind und je beweglicher die untersuchte Hautstelle ist. An den Armen und Beinen ist die Haut in der Querrichtung empfindlicher als in der Längsrichtung. Kälte, Übermüdung, Blutleere und Giftwirkungen setzen die Tastempfindlichkeit herab. Dagegen wächst dieselbe mit der Anspannung der Aufmerksamkeit und mit der Übung. Wird eine Hautstelle der rechten Körperhälfte geübt, so erweist sich merkwürdigerweise auch die entsprechende linksseitige Hautstelle als verfeinert („Mitübung der gleichnamigen Hautpunkte").

Auch an Sinnestäuschungen fehlt es bei den räumlichen Eindrücken des Tastsinnes nicht ganz. Schon Aristoteles bemerkte, daß man eine kleine Kugel mit gekreuztem Zeige- und Mittelfinger doppelt fühlt. Allbekannt ist auch die Tatsache, daß Leute, denen man das Bein abgenommen hat, noch lange Zeit nachher Druck, Zug und Schmerz in dem verlorenen Glied zu verspüren vermeinen. Ein Student, dem man die zerhauene Nase mit einem Stückchen seiner Stirnhaut ergänzte, verwechselte noch Monate lang die eingeflickte Nasenpartie mit der Stirn, wenn man erstere berührte. Fechner behauptete, daß man auf feineren Hautstellen das Hinwegstreichen eines Tastzirkels für schneller schätze als an minder empfindlichen Stellen und daß überhaupt der bewegte Tastzirkel für weiter geöffnet als der gleiche, ruhig aufgelegte gehalten werde.

e) Gewichtsversuche.

Wichtiger als diese Einzelheiten sind für die Lehre von den Sinnen die sorgfältigen Experimente über Gewichtsschätzungen, welche freilich nicht äußere Druck- nnd Zugempfindungen allein, sondern auch innere (Muskelempfindungen) mitbetreffen.

E. H. Weber und G. Th. Fechner verwendeten hierbei verschieden schwere Holundermarkstöpsel und andere Gegenstände, welche den Versuchspersonen (bei geschlossenen Augen) an verschiedenen Hautstellen aufgelegt wurden. Die Versuchspersonen hatten anzugeben, ob sie bereits eine Belastung spürten, oder auch welche Belastung von zweien die größere sei.

Andere Forscher stellten in gleicher Absicht Versuche mit Spiralfederwagen, Quecksilberwagen und elastischen Schläuchen an. Die allgemeinen Ergebnisse waren (nach Prof. Landois): Am empfindlichsten für Druck sind Stirn, Schläfe, Handrücken und Vorderarm, auf welchen Hautstellen Gewichte von nur $^1/_2$—2 mg eben noch als Belastung empfunden werden. Bei den Fingern sind hierzu 5—15 mg, bei Fingernägeln etwa 1000 mg (!) nötig. Genauere Feststellungen über diese Abstufungen der Empfindlichkeit verdanken wir dem Physiologen von Frey.

Mittels der Fingerspitzen wird noch der Unterschied zweier Gewichte bemerkt, die sich wie 29 : 30 verhalten. Bei sehr leichten und sehr schweren Gewichten ist die Unterschiedsempfindlichkeit eine geringere. Stirn, Lippen und Schläfe zeigen noch Druckunterschiede von $^1/_{40}$ — $^1/_{30}$ des leichteren Gewichtes, die Oberarme nur Unterschiede von $^1/_{10}$ — $^1/_{20}$ an.

Weber hat große Versuchsreihen mit Gewichten nach der Richtung angestellt, wie viel Gramm Gewicht man zu einem vorhandenen Gewicht hinzufügen müsse, damit die Person eben noch eine Belastungszunahme empfinde. Es zeigte sich hierbei die sehr bemerkenswerte Tatsache, daß je größer das ursprüngliche Gewicht ist, desto größer auch der Gewichtszuwachs sein müsse, welcher eben noch als Belastungszunahme bemerkt wird. Doch bildet der eben merkliche Gewichtszuwachs immer denselben Bruchteil des ursprünglichen Gewichtes.

Ein Beispiel soll den etwas schwierig zu erfassenden Sinn dieser Sätze klar machen: Hält man (bei geschlossenen Augen) auf der flachen Hand 200 g Gewicht, so muß man, wie die Erfahrung lehrt, 20 g (also ein Zehnteil von 200 g) hinzu legen, um eben noch eine Gewichtszunahme zu empfinden. Bei 300 g anfänglicher Belastung genügen nicht wiederum 20 g Zulage, sondern erst 30 g (ein Zehnteil von 300 g), um eine Zunahmeempfindung zu bewirken. Bei 600 g genügen hierzu weder 20 noch 30 g, sondern erst 60 g Zulage. Die Grammzahlen für die Zulagsgewichte bleiben also nicht dieselben, sondern wachsen an, aber sie bilden stets den gleichen Bruchteil des vorhandenen Gewichtes, stehen also doch in einem festen („konstanten") Verhältnisse zu den Anfangs-Gewichtsgrößen.

Wissenschaftlich und allgemein ausgedrückt läßt sich diese Tatsache in dem Satze ausdrücken: Der Reizzuwachs, der einen

eben merklichen Empfindungsunterschied bewirkt, bildet stets denselben Bruchteil des ursprünglichen Reizes. Dieser berühmte Satz heißt Webersches Gesetz und wurde in seiner erweiterten Fassung durch Fechner zum Ausgangspunkt der Psychophysik verwendet.*) Die Psychophysik setzt es sich zur Aufgabe, die Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung in mathematischen Formeln festzustellen.

Da der Reiz (z. B. ein Gewicht, eine Lichtstärke, Tonstärke usw.) zahlenmäßig meßbar ist, so wäre, wenn jene Formelbildung gelänge, mittelbar auch die Empfindung zahlenmäßig meßbar, also ein psychologischer Vorgang der Rechnung unterworfen, worin ein Anfang läge, die Psychologie ähnlich wie die Physik in streng mathematischer Weise zu behandeln — ein Fortschritt von außerordentlicher Bedeutung.

Fechner hat in der Tat eine Formel abgeleitet, welche die Beziehung der Reizstärke und Empfindungsstärke zum Ausdruck bringen soll. Allein es hat sich gezeigt, daß diese Formel nicht frei von wissenschaftlichen Bedenken sei und überhaupt die von der Psychophysik angestrebte zahlenmäßige Behandlung der seelischen Erscheinungen noch lange nicht ermögliche. Daß hier ein sehr wertvoller Versuch in dieser Richtung vorliege, darf jedoch nicht bezweifelt werden.

f) Sonstige Bestimmtheiten der Tastempfindungen.

Was die zeitliche Bestimmtheit des Tastsinnes (weiterer Bedeutung) anlangt, so ist dieselbe im Eintrittszeitpunkte und in der Dauer des Druck- und Zugeindruckes gegeben. Daß wir uns über diese Dauer täuschen können, indem starken Eindrücken mehr oder minder lebhafte Nachempfindungen folgen, ist allbekannt.

Im Punkte der Gefühlsbetonung ist gerade der Tastsinn (weiterer Bedeutung) sehr reich ausgestattet. Schon das Streicheln von Samt, das rhythmische Berührtwerden kann von Lust begleitet sein; die höchsten körperlichen Lustgrade pflegen mit den Fortpflanzungs-Akten verknüpft zu sein. Aber auch Unlust in allen Abstufungen bis zum tödlichen Schmerze stellt sich bei äußerem und innerem Druck oder Zug ein. Bei starken

---

*) Eine faßliche und zugleich gewissenhafte Übersicht enthält: Dr. G. F. Lipps, Grundriß der Psychophysik, Leipzig 1899.

Begleitgefühlen kann der eigentliche Empfindungsinhalt sogar ganz unbemerkt bleiben. In allen Fällen knüpfen sich aber an Begleitgefühle auch Willensregungen, welche im täglichen Leben zu sehr zahlreichen, von uns selbst wenig beachteten Bewegungen und eigentlichen Handlungen führen.

Zum Schlusse sei hier nochmals daran erinnert, daß auch der Gemeinempfindungs-, der Bewegungsempfindungs- und der statische Sinn im Grunde nur mechanischen Zug und Druck, die im Leibesinneren lokalisiert sind, zum Empfindungsinhalte haben. Psychologisch stellt sich also das Verhältnis aller dieser Teilgebiete folgendermaßen dar:

Sinn für Druck- und Zugempfindungen.

(„Mechanästhetischer" Sinn)

Innere Druck- u. Zugempfindung			Äußere Druck- u. Zugempfindung Tastsinn in weiterer Bedeutung	
Gemein-E. zum Hauptteil	Beweg.-E.	Stat. Empf.	Hautdruck (Berührung)	Hautzug (Spannung).

Soll jedoch das Gebiet physiologisch, also nach dem Sinnesorgan „Haut" gruppiert werden, so kommen die (sogleich zu besprechenden) Kälte- und Wärmeeindrücke als Gegenstück zu den äußeren Druck- und Zugempfindungen in Betracht, und man erhält das Schema:

Hautsinn

Taktilität Tastsinn in weiterer Bedeutung		Thermalität Temperatursinn	
Druck	Zug	Kälte	Wärme.

Wollten wir der Ansicht der Mehrzahl der Physiologen (z. B. Wundt, von Frey, Landois) beipflichten, so müßten wir hier als drittes Teilgebiet des Hautsinnes noch einen äußeren Schmerzsinn zuordnen.*) Wie bereits erwähnt, haben die Physiologen neben „Druckpunkten", „Kältepunkten" und „Wärmepunkten" auf der Haut eigene „Schmerzpunkte" ermittelt, d. h. Hautstellen, unter welchen besondere Schmerzempfindungs-Nerven

*) Vgl. Wundt, Physiolog. Psychologie, 5. Aufl., II. Bd., S. 2.

enden sollen.*) Daß es sich hier sehr wahrscheinlich um eine Gruppe von Tastnerven handelt, deren starke Reizungen einen besonders lebhaften Schmerzton mitführen, wurde gesagt. Auch die Erscheinung, daß bei gewissen krankhaften Zuständen (teilweisen Lähmungen und Vergiftungen) wohl die Tastempfindungen eines Hautbezirkes bestehen bleiben, aber kein Schmerz aus dem betreffenden Bezirk berichtet wird, macht noch nicht die Einführung einer eigenen Sinnesempfindung „Schmerz" (neben dem Gefühl) notwendig. Es könnte diese Erscheinung auch auf allmähliche Veränderungen der Intensität und Ablaufsweise der Vorgänge im Tastzentrum zurückgeführt werden, welche Umstände das Nichteintreten merklicher Begleitgefühle begreiflich machen würden.

5. Der Wärme- und Kältesinn.

Vom psychologischen Standpunkte haben wir die Temperaturempfindungen einem eigenen Sinne zuzuweisen, der mit dem Sinne für Druck und Zug nur die Beziehung zur Haut gemeinsam hat. Es kann gefragt werden, ob wir nicht sogar einen Wärmesinn und einen Kältesinn gesondert annehmen müßten, da zwischen diesen Sinnesinhalten die größte Unähnlichkeit bestehe. Doch dürfte die Ansicht, daß Wärme und Kälte doch besser als Modalitäten eines gemeinsamen Temperatur- oder „thermischen" Sinnes aufzufassen seien, den Erfahrungen aus der Selbstwahrnehmung voll entsprechen.

Die Kälteempfindung ist die Empfindung einer geringeren Wärme der äußeren Umgebung (oder des Fleisches) im Vergleiche zur Haut. Dagegen ist die Wärmeempfindung eine solche des höheren Wärmegrades der äußeren Umgebung (oder des Fleisches) im Vergleiche zur Haut.

Bei etwa 16—18° C Luftwärme und 25—35° C Hautwärme (dem „physiologischen Nullpunkt") pflegen wir weder Wärme noch Kälte zu verspüren. Erst wenn die Temperatur einer Hautstelle durch erhöhte Wärmeabgabe an die Umgebung (z. B. gefrorene Scheibe) unter die eben vorhandene allgemeine Hautwärme sinkt, entsteht eine Kälteempfindung, auf Grund welcher wir der Umgebung selbst „Kälte" zuschreiben. Die Er-

---

*) Vgl. Goldscheider, Über den Schmerz in physiologischer und klinischer Hinsicht, Berlin 1894.

höhung der Hauteigenwärme über den eben vorhandenen Grad deuten wir als Wärmersein der Umgebung. Eine Hautstelle kann natürlich nicht nur durch Berührung mit wärmeren Gegenständen (z. B. mit Wärmflaschen) an Temperatur zunehmen, sondern auch durch Verhinderung der gewöhnlichen Wärmeabgabe (z. B. durch Pelzkleider).

Das Organ des thermischen Sinnes ist die äußere Haut, in welcher besondere Nervenendigungen für Wärmeempfindungen und besondere für Kälteempfindungen auslaufen.*) Für den Unterarm ist der Nachweis getrennter Wärme- und Kältepunkte so leicht, daß ihn auch der Laie mit einer auf + 45° C erwärmten und einer bis + 15° C kaltgemachten Stricknadel führen kann. Die Bezirke ohne Wärmepunkte sind oft einen Quadratzentimeter groß! Die Physiologen Blix und Goldscheider haben förmliche Landkarten, welche die empfindlichsten Punkte der Haut für Wärme und für Kälte verzeichnen, entworfen. In obenstehenden Figuren (5 und 6) sind diese empfindlichsten Stellen schwarz ersichtlich gemacht. Der erste Blick auf die Zeichnungen, welche beide denselben Bezirk des Oberschenkels betreffen, lehrt, daß die Haut viel mehr Kälte- als Wärmepunkte besitzt, womit die Erfahrung stimmt, daß für Kälte eine bedeutendere Empfindlichkeit als für Wärme besteht.



Fig. 5. Ansammlungen von Wärmepunkten (nach Goldscheider).

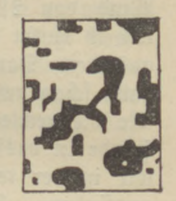


Fig. 6. Ansammlungen von Kältepunkten (nach Goldscheider).

Zur psychologischen Kennzeichnung des Temperatursinnes sei folgendes angeführt. Der Inhalt der Wärmeempfindung und der Kälteempfindung ist durchaus verschiedenartig und darf mit der Wärme- und Kältebestimmung unserer Thermometer keineswegs verwechselt werden. In Wirklichkeit gibt es in der

*) Vgl. Kiesow, Untersuchungen über Temperaturempfindungen, in Wundts Philos. Studien, Band 11, Leipzig 1875. — Hering, Grundzüge einer Theorie des Temperatur-Sinnes. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch., Bd. 75, Wien 1877. Von demselben Autor stammt der Abschnitt über Temperatursinn in Hermanns Handbuch der Physiologie, III. Bd., 2. Abt.

Außenwelt nur Wärme höheren oder geringeren Grades, aber keine Kälte. Der Nullpunkt einer Thermometerskala ist bloß ein willkürlich gewählter Wärmegrad, ein Punkt, den man auch ohne grundsätzliche sachliche Folgen um 50° tiefer legen könnte. (In der Tat liegt ja der Eispunkt des Celsius-Thermometers bei + 32° des Fahrenheit-Thermometers.) Die psychologische Kälte ist daher etwas ganz anderes, als die Temperatur unter 0° C. Hat die Luft um uns 20° Kälte, so werden wir einen Wind von 2° Kälte warm finden. Andererseits empfinden wir in einem Badewasser von 20° über Null Kälte, wenn wir aus dem Dampfbade kommen. Der Philosoph John Locke hatte schon auf folgenden Versuch aufmerksam gemacht: Machen wir die rechte Hand warm, die linke kalt und senken beide Hände in dasselbe Wasserbecken mittlerer Temperatur, so haben wir in der rechten Hand Kälte- und in der linken Wärmeempfindung. Die Tatsache, daß Temperaturempfindungen Unterschiedsempfindungen sind, hindert uns jedoch nicht, auch psychologisch Gradreihen von Wärme und Kälte mit einem wechselnden psychologischen Nullpunkt in der Mitte anzunehmen und zu einem gemeinsamen Sinnesgebiet zu vereinigen.

Von Einzelbeobachtungen über Temperaturempfindungen seien folgende erwähnt: Die Stärke solcher Empfindungen hängt von der Größe des dem Eindrucke ausgesetzten Hautbezirkes ab. Nach Weber soll beim Eintauchen der ganzen Hand in Wasser von 29½° C eine größere Wärme als beim Eintauchen eines Fingers in 32grädiges Wasser verspürt werden. Gute Wärmeleiter (z. B. Metalle) pflegen für wärmer oder für kälter gehalten zu werden als schlechte Leiter (z. B. Stroh, Holz) von gleicher Temperatur. Doch soll Wärme jedenfalls länger brauchen, um zum Bewußtsein zu kommen, als Kälte. — Messungen über die thermische Empfindlichkeit liegen uns von Weber vor. Fingerspitzen spüren bei 16—35° C noch Differenzen von 1½—2 Zehntel-Graden. Am empfindlichsten wurde die Zungenspitze befunden, immer weniger empfindlich Lider, Wangen, Hals und Rücken. Die linke Hand soll kälteempfindlicher sein als die rechte. Daß auch beim Temperatursinn Aufmerksamkeit und Übung verschärfend, Übermüdung abstumpfend wirkt, ist allbekannt. Ein bemerkenswertes Zusammenwirken von Tast- und Temperatursinn liegt in der Sinnestäuschung vor, daß kalte Gewichte (auch Leichname) für schwerer gehalten werden

als warme Gewichte (z. B. lebende Körper). Von gleicher Art ist die Erscheinung, daß das Klaffen eines Tastzirkels, dessen eine Spitze mäßig erwärmt ist, noch bemerkt wird, während derselbe Zirkel mit gleichkalten Spitzen keine doppelte Empfindung mehr auslöst.

Die Wärme- und Kälteempfindungen sind oft von deutlichen Gefühlen begleitet. Erhält die Haut eine Temperatur von mehr als + 50° C oder von weniger als + 3° C, so stellt sich Schmerz ein, welcher die Fähigkeit, Grade zu unterscheiden, aufhebt und Zwangsbewegungen auslöst. Sehr starke Kälte wird sogar ähnlich wie eine Verbrennung verspürt. Eine mäßige Erwärmung frierender Hautbezirke, sowie auch eine mäßige Abkühlung überhitzter Stellen ist dagegen mit Lust verknüpft.

III. Kapitel.

Der Schmecksinn.

Der Schmecksinn oder Geschmackssinn gibt uns über die Modalität „Geschmack“ Kunde, deren Qualitäten Süß, Bitter, Salzig und Sauer sind. Zu diesen Qualitäten fügen manche Forscher noch Alkalisch (Seifenartig) und Metallisch als fünfte und sechste Qualität, doch wird von anderen behauptet, daß der sogenannte alkalische Geschmack eine Mischung aus einer schwachen Empfindung des Salzigen und einem Hautsinneseindrucke des stechendkühlen Stoffes darstelle, während der metallische Geschmack nur einem Zusammenwirken des Geruches und des leicht zusammenziehenden, säuerlichen Geschmackes verwitterter (oxydierter) Metallteile seine Entstehung verdankt. Auch wir glauben, daß es nur die oben genannten vier Geschmacksqualitäten gibt und daß die zahllosen verschiedenen Geschmäcke, die wir kennen, aus dem Zusammenwirken von Tast-, Temperatur- und Geruchseindrücken mit eigentlichen Schmeckempfindungen hervorgehen, wovon noch die Rede sein wird.

Zunächst wollen wir einige Angaben über das Organ des Schmecksinnes, die Zunge (mit Ausnahme der Mitte) und den weichen Gaumen vorausschicken. Jedermann kann sich durch aufmerksame Versuche überzeugen, daß von der Zunge

nur der hinterste Teil (die „Wurzel"), ferner die Spitze und der freie Rand schmeckend sind. Die mittlere Zungenoberfläche hat zwar deutliche Tastempfindungen, aber keine Geschmäcke, doch pflegt bei Berührung der Zungenmitte mit Zucker oder Chinin der Speichel ziemlich rasch kleine, gelöste Mengen solcher Stoffe nach schmeckempfindlichen Stellen zu befördern. Vom Gaumen scheint nur der weiche, mit zarter Schleimhaut ausgekleidete Teil Geschmackseindrücke zu vermitteln. Die Physiologie lehrt, daß Süß am deutlichsten an der Zungenspitze, Bitter an der Zungenwurzel und Sauer an den Zungenrändern empfunden wird. Salzig scheint an allen empfindlichen Stellen gleich gut geschmeckt zu werden. Die Zunge (einschließlich des Gaumens) weist drei Arten von Papillen (Hauterhebungen zwischen Furchen) auf, nämlich die eirunden „umwallten Papillen" oder „Geschmackswärzchen", welche an der Zungenwurzel sitzen, ferner die „pilzförmigen Papillen" an der Zungenspitze und den Rändern, sowie am weichen Gaumen, endlich die „fadenförmigen Papillen" an verschiedenen Stellen. Von diesen Papillen sind die umwallten (Fig. 7) die eigentlichen Behälter der Enden des Geschmacksnerven, des „Zungen-Schlundkopfnerven"; auch ein Teil (etwa $^4/_5$) der pilzförmigen Papillen steht in mittelbarer Verbindung mit Fasern dieses Nerven.*) Die fadenförmigen Papillen haben hingegen bloß Bedeutung als Tastsinngebilde. Die Endfasern des Geschmacksnerven sind in kürbisähnlichen, winzigen „Geschmacksknospen" oder „Schmeck-

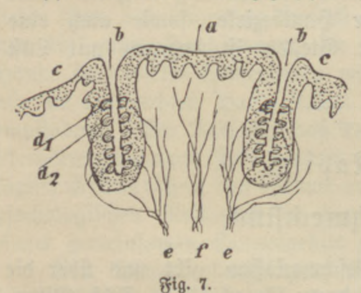


Fig. 7.
Umwallte Geschmackspapille im senkrechten Durchschnitt. Geschmackswärzchen a; umkreisende Furche b; Ringwall um die Papille c; Schmeckbecher d_1, d_2, . . .; Geschmacksnerv e; Tastnervenbündel f.

*) Außerdem endigt in der Zunge ein Bündel des dreiteiligen (Trigeminus-) Nerven, welcher Tasteindrücke vermittelt, und der Zungenfleischnerv, für die Bewegung der Zunge (der beweglichste Leibesteil!) bestimmt. Fasern des Trigeminus gehen auch in die umwallten Papillen ein.

Über den Schmecksinn handelt Vintschgau, Physiologie des Geschmacksinnes in Hermanns Handbuch der Physiologie, III. Bd., 2. Abt.

bechern" (Fig. 8) eingeschlossen, welche sich in den umwallten und pilzförmigen Papillen zahlreich (oft 500 in einer Papille) vorfinden. Die Schmeckbecher bestehen aus ähnlich wie Faßdauben gebogenen Außen- oder Deckzellen und geraden, fadenartigen Stab- und Stiftzellen im Innern. Die kleinen Öffnungen dieser Becher sind gegen die tiefen, ringförmigen Furchen, welche die Wälle von den Papillen trennen, gewendet und ermöglichen, daß der den Schmeckstoff enthaltende Speichel sich mit der Flüssigkeit des Bechers vereinigt und so die Nervenenden reizt. Die Becher der pilzförmigen Papillen sind von sehr ähnlicher Beschaffenheit.

Der Reiz, welcher Schmeckempfindungen auslöst, ist chemischer Art. Nur solche Stoffe sind schmeckbar, welche in lauem Wasser (der Speichel enthält solches als Hauptbestandteil) gelöst werden können. Doch gibt es auch viele in Wasser lösliche Stoffe (z. B. Kalkverbindungen), die keinerlei Geschmack haben.



Fig. 8. Schmeckbecher od. Geschmacksknospe.

Welche Beschaffenheit oder Zusammensetzung ein löslicher Stoff haben müsse, um überhaupt, oder gerade als süß, bitter usw. geschmeckt zu werden, ist bis heute ganz unaufgeklärt. Schmeckt doch wie der Zucker auch das Glyzerin (welches ganz andere chemische Bestandteile hat) süß, sowohl Bittersalz als tierische Galle bitter. Essigsaures Bleioxyd hat süßlichen Geschmack und wird zum Weinfälschen verwendet. Der elektrische Strom löst schon bei $^1/_{156}$ Tausendstel-Ampère Stärke eine merkliche Empfindung von sauer (am positiven Pol) oder alkalisch (am negativen Pol) aus, was wahrscheinlich auf der Zersetzung des Speichels beruht, wobei Salze frei werden.

Was die Qualität der Schmeckempfindungen anlangt, so haben wir bereits erwähnt, daß die Mehrzahl der Eindrücke, die wir im gewöhnlichen Leben als Geschmäcke bezeichnen, aus den Empfindungen verschiedener Sinne zusammengesetzt sind. Darauf weist schon unsere Sprache hin. Wir reden von fadem, herbem, stechendem Geschmack und drücken damit dem Tastsinn angehörige Eigenschaften aus. Bezeichnungen wie „kühlender", „brennender" Geschmack sind Entlehnungen aus dem Gebiete des Temperatursinnes. Der Geschmack des „Fetten" enthält wohl nur den Eindruck der Glätte und des Freiseins von Wasser,

aber keinerlei Schmeckqualität. Auch frisches Trinkwasser scheint bloß an der Art und Weise der Berührung der Zunge und des Gaumens erkannt zu werden. Dagegen spielen bei den meisten Geschmäcken von Gemüsen, Schwämmen und Früchten neben Tast- und Geruchseindrücken wohl auch wirkliche Schmeckqualitäten eine wichtige Rolle.

Die engste Verschmelzung zeigt das Schmecken mit dem Riechen. Im gewöhnlichen Leben werden sehr zahlreiche Gerüche für Geschmäcke gehalten, wenn die Stoffe auf die Zunge gelangen. Hält man sich die Nase zu, so vermag man (bei geschlossenen Augen) fein zerriebenen Knoblauch nicht von Vanillepulver zu unterscheiden. Bekannt ist die Tatsache, daß selbst Weinhändler bei gut verstopfter Nase (ohne das Sehen zu verwerten) roten und weißen Wein verwechseln. Das „Bouquet" des Weines ist durchaus Geruch.

Die Feinheit des Schmeckens hinsichtlich Qualität und Intensität wird durch Andrücken des Stoffes an die Schleimhaut und Vergrößerung der Berührungsfläche überhaupt, durch Hin- und Herschieben des Gegenstandes auf der Zunge („Kosten"), ferner durch Aufmerksamkeit und Übung gesteigert, dagegen durch starke Kälte und Wärme, durch Trockenheit der Organteile, durch Verdauungs- und Nervenstörungen, endlich durch Ermüdung und Gewöhnung herabgesetzt. Manche schmeckbare Stoffe sind noch in sehr starken Verdünnungen fähig, Empfindungen auszulösen, andere bedürfen größerer Sättigung. Gewöhnlicher Zucker ist in Lösungen von 1 : 80 (d. h. 1 g Zucker in 80 g Wasser) eben noch schmeckbar, Schwefelsäure bei 1 : 10 000, Chinin bei 1 : 33 000, Saccharin bei 1 : 200 000, Strychnin 1 : 2 000 000 (Reizschwelle). So geringe Lösungsmengen, wie die letztgenannten, können auch von der technisch vollendetsten Chemie nicht mehr nachgewiesen werden und zeigen die große Feinheit des Schmecksinnes in intensiver Hinsicht.

Dagegen ist der Schmecksinn in der räumlichen Bestimmtheit wenig ausgebildet und ermöglicht wegen der Undeutlichkeit der Lokalzeichen keine genaue Ortsanweisung des Reizes. Die zeitliche Dauer der Geschmacksempfindung wird oft infolge der Nachgeschmäcke überschätzt. Manche Nachgeschmäcke (z. B. bei Früchten) sind auf das Verbleiben kleiner Stoffüberreste im Munde zurückzuführen, andere (z. B. bei scharfem Pfeffer) auf eine zeitweilige Fortdauer der Organerregung. Von den

Grundqualitäten kommt Salzig am raschesten zum Bewußtsein, minder rasch Süß und Sauer, während bittere Stoffe am längsten brauchen, um eine bewußte Schmeckempfindung wachzurufen.

Auch beim Schmecksinn (ähnlich wie beim Sehsinn) findet sich die Erscheinung, daß im Gegensatz stehende Geschmäcke, wenn sie nacheinander folgen, sich verstärken (wissenschaftlicher Name: Kontrastphänomen). Nach Genuß von Käse schmeckt bekanntlich das Bier viel kräftiger. Hat man Artischocken mit Öl gegessen oder den Mund mit Chlorkali ausgespült, so hat das nachher getrunkene Wasser einen Stich ins Süßliche. Auf einer klugen Verwertung solcher Erfahrungen beruhen die Reize einer feinen Kochkunst, wie wir aus dem Buche des Franzosen Brillat-Savarin (Physiologie des Geschmackes) lernen können. Eine geschickte, abwechslungsreiche Anreihung von Speisen kann zu angenehmen Begleitgefühlen führen, während ekelerregende Stoffe Unbehagen und selbst Erbrechen hervorzurufen pflegen.

Zum Schlusse sei noch eine Bemerkung über das Wort „Geschmack" beigefügt. Dieser Ausdruck hat bekanntlich auch eine künstlerische Bedeutung, indem wir von gutem und schlechtem Geschmack des Dichters, Malers und Musikers, aber auch des Kritikers sprechen. Hier liegt eines der vielen Beispiele des Vergeistigens („Abstraktwerdens") von ursprünglich sachlichen (konkreten) Begriffsinhalten vor. Die Worte Begreifen, Vorstellen, Auffassen, Einsicht u. a. haben ursprünglich den Sinn von Angreifen (einer Sache), Vorsichhinstellen (eines Gegenstandes) usw. besessen, und erst spät ihren Sinn ins Bildlichgeistige verändert. Die Fähigkeit unter Kunstgebilden im Sinne der Schönheitsregel richtig zu unterscheiden und zu wählen, der „ästhetische Geschmack", dürfte also seinen Namen von dem fein unterscheidenden und wählenden Schmecken auf der Zunge herzuleiten haben.

IV. Kapitel.

Der Riechsinn.

Der Riechsinn vermittelt die Modalität „Geruch" mit einer großen Zahl von Empfindungsqualitäten, deren Beschaffenheit nur unter Berufung auf die Selbstwahrnehmung und die bekannten Erreger klar gemacht werden kann.

Das Organ des Geruches ist die oberste der drei „Muscheln" in der Nase. Die Nasenhaupthöhle ist nämlich durch muschelartig gekrümmte Knorpel in mehrere Abteilungen geteilt, wovon die oberste mit einer verdickten braunen Schleimhaut, dem Sitze der Ausläufer des Riechnerven, ausgekleidet ist. Die beiden unteren Muscheln dienen der Atmung und enthalten keine Riechnervenfasern, sondern bloß Fasern des dreiteiligen Nerven. Der Riechnerv läuft in fadenförmigen „Riechzellen" (Fig. 9*a*) aus, zwischen welchen zylindrische Zellen der Schleimoberhaut stehen. Letztere dienen möglicherweise der Aufsaugung und zeitweisen Festhaltung des Riechstoffes, wodurch die Riechzellen länger im Reizungszustand erhalten bleiben.

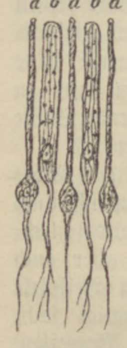


Fig. 9. Riechzellen *a*; Zylinderzellen *b*.

Der physikalische Reiz, der auf den Geruchsnerven wirkt, besteht in der Berührung desselben mit gewissen Gasen. Warum gerade diese Gase Empfindungen auslösen, andere nicht, und warum bestimmte Gase gerade die betreffenden Gerüche hervorrufen, kann nicht beantwortet werden.*) Geriebene Kieselsteine riechen — dagegen Quecksilberdämpfe nicht. Es kann nur soviel gesagt werden, daß Schwefel-, Arsen- und Phosphorverbindungen regelmäßig übelriechend sind. Daß nur Gase den Riechnerv reizen, folgt aus der Tatsache, daß bei mit reinem Wasser gefüllter Nase nichts gerochen wird. Selbst Flüssigkeiten, deren Gase riechen (z. B. Kölnischwasser), lösen, wenn sie in die Nasenhöhle gebracht werden, keine Riechempfindung aus. Elektrische Ströme erregen beim Öffnen und Schließen der Kette zwar Geruchseindrücke, wahrscheinlich nur durch Vermittlung der Zersetzung. Hervorhebung verdient aber der Umstand, daß ein Riechen nur dann zustande kommt, wenn die Nasenschleimhaut hinreichend und mäßig mit Schleim befeuchtet ist. Mit katarrhalisch trockener oder dick verschleimter Nase können wir bekanntlich kaum die stärksten Gerüche wahrnehmen.

Da die Geruchsempfindung in den obersten Teilen der

*) Wichtigere Schriften: C. M. Gießler, Wegweiser zu einer Psychologie des Geruches. Hamburg u. Leipzig 1894; Zwaardemaker, Die Physiologie des Geruches, Leipzig 1895; Vintschgau, Physiologie des Geruchsinnes in Hermanns Handbuch der Physiologie, III. Bd., 2. Abt.

Nasenhöhle zustande kommt, muß das zu riechende Gas mit der Atemluft eingezogen werden. Halten wir den Atem ein, so ist das Riechvermögen nahezu aufgehoben. Oftmaliges stoßweises Einziehen, das „Schnüffeln", hat eine ähnliche verdeutlichende Wirkung wie das Kosten.

Der Riechsinn weist, wie schon erwähnt, eine sehr große Zahl unterscheidbarer Qualitäten auf. Gerade bei diesem Sinne lassen uns aber die sprachlichen Bezeichnungen, welche ja sonst der wissenschaftlichen Namengebung ein gutes Stück vorzuarbeiten pflegen, ganz im Stich. Außer den sehr allgemeinen Worten „Duft" und „Gestank" finden wir keine Qualitätsbezeichnungen, welche dem Geruchsgebiet direkt entnommen erscheinen. Die Namen süßer, saurer, stechender, fader Geruch sind anderen Sinnesgebieten entlehnt; die Namen aromatischer, ammoniakalischer, veilchenartiger, fauler Geruch usf. erscheinen nach den Erregern benannt. Gerade diese Entlehnungen deuten auf die innige Verbindung des Riechens mit dem Schmecken und Tasten hin. Der Physiologe Nagel wollte sogar den Riechsinn mit dem Schmecksinn zu einem einzigen Sinn vereinigt wissen. Von den älteren Gelehrten hat der berühmte Botaniker Linné die weitestgehende Einteilung der Gerüche versucht und als Qualitäten bezeichnet (aus dem Latein*) übersetzt): aromatische, starkduftende, ambrosische, einschmeichelnde, bocksartige, garstige und ekelhafte Gerüche, wozu moderne Forscher noch die ätherischen, lauchartigen und brenzlichen Gerüche gesellt haben, ohne diese arg unbestimmten Benennungen irgend brauchbar zu machen. Auch die Einteilung des Engländers Alexander Bain hat keinen allgemeinen Beifall errungen. Der Grund dieser sprachlich-begrifflichen Schwierigkeiten ist ein psychologischer. Der Mensch kann nämlich einzelne Qualitäten nur dann unter gemeinsame allgemeine Wortbezeichnungen zusammenfassen, wenn Ähnlichkeitsgruppen innerhalb des Gebietes gebildet werden können. Und gerade dies ist bei den Riechempfindungen nur in sehr geringem Maße möglich. Am ehesten gelingt der Versuch Qualitätsreihen zu bilden bei den Düften ätherischer Öle (Ananas-, Kakao-, Pfefferminz-, Tee-Öle). Sonst aber bildet fast jede Geruchsart eine Beschaffen-

*) Odores aromatici, fragrantes, ambrosiaci, alliacei, hircini, taetri, nausei.

heit für sich ohne genügende Ähnlichkeitsbeziehung, um mit anderen zusammengefaßt werden zu können.

Diesem Mangel des Riechsinnes entspricht jedoch ein großer Vorzug in anderer Hinsicht: die große Empfindlichkeit für Unterschiede und schwache Reize überhaupt. Der Riechsinn ist selbst beim Kulturmenschen, der ihn unbillig wenig übt, von bewundernswerter Feinheit. Nach Angabe des Physiologen Fischer und des Chemikers Penzoldt riechen wir von Schwefelwasserstoff $^1/_{5000}$ Milligramm, von Moschus $^1/_2$ Milliontel Milligramm*), von Chlorphenol $^1/_4$ Milliontel Milligramm und von Mercaptan (einem übelriechenden Schwefelalkohol) $^1/_{23}$ Milliontel Milligramm in einem Liter Luft! (Schwächster Reiz oder Reizschwelle.) Es sind das Mengen von einer Geringfügigkeit, daß weder die Chemie noch die Spektralanalyse (Lichtuntersuchung) solche Spuren nachzuweisen vermag. Mit Hilfe des Geruchmessers (Olfactometers) von Zwaardemaker, einem den Riechstoff enthaltenden Rohr, dessen Innenfläche durch einen verschiebbaren Einsatz beliebig verändert werden kann, und des Geruchsverstärkers von Emanuel Herrmann dürften wir in Zukunft noch sehr bezeichnende Tatsachen über die Riechempfindlichkeit in Erfahrung bringen. Manche Forscher unterscheiden zwischen „scharfem" und „feinem" Geruch. Die „Schärfe" bezieht sich auf die Kleinheit der noch wahrgenommenen Riechstoffmengen, die Feinheit auf die Genauigkeit des Empfindens von Unterschieden. Der Schriftsteller Zola beispielsweise soll ein sehr feines (riecht seinen Speisezettel), aber nicht scharfes Riechvermögen besessen haben. Daß Übung in kurzer Zeit den Riechsinn sehr wesentlich verfeinert, ist allbekannt. Parfümeure können alsbald die Bestandteile einer gewöhnlichen Mischung herausriechen, und es soll Teekoster in China geben, die mehrere 100 Sorten Tee nach dem Geruch erkennen. Die Rothäute Nordamerikas haben, wie berichtet wird, einen scharfen Geruch für Pferde und Büffel besessen, der ihnen im Daseinskampfe vielfach zustatten kam. Dagegen wird dem Kulturmenschen eine arge Vernachlässigung seiner

---

*) Prof. Reclam erzählt (Leib d. Mensch. S. 436), daß die ehemaligen Gemächer der Kaiserin Josephine (der Gemahlin Napoleons I.) noch 40 Jahre lang deutlichen Moschusduft aufwiesen, obwohl jene Räumlichkeiten die meiste Zeit als Bildergalerie verwendet worden waren.

Nase zum Vorwurf gemacht. Die Forscher Preyer und Garbini behaupten sogar, daß der Mensch im Alter von 14 Monaten bereits wie ein Erwachsener rieche, dann aber noch im Jugendalter in diesem Punkte entarte, so daß eine greisenhafte Rückbildung der Riechorgane („senile Atrophie") stattfinde.

Bei Ungeübten wird die Riechfähigkeit durch langanhaltenden gleichen Reiz alsbald ganz abgestumpft. Wer einige Zeit in einem chemischen Laboratorium, in einem rauchigen Lokale oder in einer Blumenhandlung weilt, verliert die Empfindung für den bezeichnenden Geruch in diesen Räumen beinahe ganz — ein Beweis für das psychische Gesetz (Beziehungsgesetz), demzufolge jede Empfindung eines gewissen Kontrastes (Gegensatzes) zu ihrem Zustandekommen und Beharren bedarf.

Die Ortsanweisung von Gerüchen ist sehr unbestimmt. Nur selten wissen wir aus den Lokalzeichen (ohne zu schauen) zuverlässig, ob die Geruchsquelle rechts oder links, vorn oder hinten gelegen ist. Nur daß der Geruch außer uns verlegt wird, gilt für alle Fälle.

Zeitlich ist die Riechempfindung scharf begrenzt. Wirkliche Nachempfindungen von Gerüchen, für welche kein äußerer Reiz mehr vorhanden ist, sowie Geruchstäuschungen kommen kaum vor. Doch können Geisteskranke und an Fallsucht Leidende wohl auch durch Geruchseinbildungen geplagt werden.

Sehr lehrreich für das Verständnis unseres Sinneslebens ist eine vergleichende Betrachtung des Riechsinnes der Tiere, von welchen die jagenden und gejagten, die spürenden und witternden eine oft rätselhafte Feinheit des Geruchs besitzen. Man denke in dieser Hinsicht an Jagdhunde einerseits und an Gemsen andererseits.*) Der Hund scheint die Menschen an dem Körpergeruch wiederzuerkennen. Mit ausgestreckter Schnauze schnüffelnd sucht er seinen verlorenen Herrn so wie das Wild. Bekanntschaften schließt der Hund riechend, das Gesichtsbild

---

*) Broca, der berühmte Anatom, teilte die Tiere in 1. Gutriecher oder Makrosmatiker (z. B. Raubtiere, Nagetiere, Bienen, Skarabäuskäfer), 2. Schlechtriecher oder Mikrosmatiker (Vögel, Affen, Menschen) und 3. Nichtriecher oder Anosmatiker (Delphin). Die Gutriecher sind schon am Gehirn erkennbar, dessen Riechkolben oft ein Drittel der gesamten Hirnmasse ausmachen (z. B. beim Kaninchen)! Beim Haifisch sind die Riechkolben („Bulbi") so groß, wie das ganze übrige Gehirn.

scheint ihn minder zu interessieren. Wenn der Kulturmensch hauptsächlich in Begriffen, der einfache Mensch in Gesichts- und Gehörbildern denkt, so denkt der Hund gewiß vorwiegend in Geruchsbildern, die in seiner Erinnerung so gut aufbewahrt und geistig verarbeitet werden, wie die Wortvorstellungen von seiten des Menschen.

Der Geruch ist im allgemeinen der Warner der Atmungswerkzeuge vor schädlichen Gasen. Es gibt zwar auch gutriechende und geruchlose Gase, welche giftig sind (z. B. Blausäure, Kohlenoxyd), allein sie sind Ausnahmen. Dieser Umstand erklärt die hohe Bedeutung des Geruchs für die Lebenserhaltung der Tiere, denen die Schutzmittel des Menschen — die scharfe Urteilsfähigkeit und die sprachliche Mitteilung von Erfahrungen — nur in sehr geringem Umfange zu Gebote steht.

Übrigens spielen die Gerüche, und zwar die unbewußten, auch beim Menschen eine größere Rolle, als man gewöhnlich anzunehmen geneigt ist. Die Sympathie oder Antipathie, die wir oft beim ersten Begegnen einer Person fühlen, ist nicht bloß vom Inhalt des Gespräches und vom Anblick bestimmt, sondern zum Teil auch vom Geruch der Person, welchen wir freilich nicht bewußt beachten.*) Prof. Gustav Jäger (Anthropolog in Stuttgart) hat sich sogar zu der Übertreibung verleiten lassen, die Seele des Menschen in den Geruch zu verlegen, und einige Amerikaner wollen ernstlich den Charakter eines Menschen aus seinem Geruch erschließen. Wahr an diesen Behauptungen ist aber so viel, daß der persönliche charakteristische Geruch eines Menschen zu seinen Merkmalen zählt, mittels derer er auf andere Menschen wirkt. Immerhin sind die Meinungen über den Wert des Riechsinnes unter den Denkern sehr geteilt. Während der altgriechische Schriftsteller Plutarch dem Riechsinn überschwengliche Lobpreisungen als Vermittler schönsten Vergnügens widmet, nennt der große deutsche Philosoph Immanuel Kant diesen Sinn den undankbarsten und entbehrlichsten.

Ein Mensch mit frischen Sinnen wird jedenfalls in das Lob

---

*) Vgl. Dr. E. Monin, Die Gerüche des menschlichen Körpers in gesunden und kranken Tagen. Übersetzt von Dr. A. Dreyer, Köln 1898. Auch die sogenannten „Idiosynkrasien", d. h. Erscheinungen des persönlichen Widerwillens gegen allgemein beliebte Naturdinge (z. B. Krebse und Erdbeeren als Speisen) beruhen meist auf unbewußten Gerüchen und daran geknüpften Vorstellungen.

des Riechens mit einstimmen. Ein junger Wald im Morgentau, ein blühender Garten, eine reife Frucht wird nicht nur durch die Farben, sondern auch durch die Düfte zur Quelle des Genusses. Die allgemeine Wertschätzung, der sich die Parfüms erfreuen, ist nur ein Ausdruck für diese natürliche Lust. Ein geschickt zusammengesetztes Parfüm strömt gewissermaßen Akkorde von Düften aus, ebenso wie ein Blumenstrauß, bei dessen Herstellung die Kenntnis der Gegensätze, Verstärkungen und Abschwächungen der Gerüche verwertet wurde.

V. Kapitel.

Der Hörsinn.

1. Das Sinnesgebiet.

Der Hörsinn ist jener Sinn, welcher uns die wohlbekannten Modalitäten „Geräusch" und „Ton" vermittelt. Treten Töne mit schwachen anderen Tönen zu einem einheitlichen Eindruck verschmolzen auf, so sprechen wir von „Klängen".

Der äußere Reiz, welcher die Hörempfindung auslöst, ist der „Schall", welcher in Form von Schallwellen unser Hörorgan, das Ohr, innerlich in einen Erregungszustand versetzt. Dieser Zustand wird vom Hörnerven dem Gehörszentrum im Gehirn mitgeteilt, wo der dem Hören entsprechende Vorgang stattfindet.

Die Höhe des gehörten Tones ist, wie hier vorgreifend bemerkt sei, von der „Schwingungszahl" der Schallwelle abhängig, d. h. von der Anzahl Schwingungen des schalleitenden Stoffes in einer Sekunde. Je größer nun diese Schwingungszahl ist, desto höher erscheint uns der gehörte Ton.

Wenn mehrere Töne oder Klänge zu einem Gesamteindruck vereinigt auftreten, so nennen wir diesen einen „Akkord" (Zusammenklang, Mehrklang). Akkorde können unmittelbar angenehme oder unangenehme Gefühle erregen, welche Eigenart wir als Harmonie oder Disharmonie bezeichnen. Nach diesem Vorblick auf die wichtigsten Erscheinungen des Hörsinnes wollen wir zunächst das Organ näher betrachten.

2. Das Gehörorgan.

Das menschliche Ohr weist drei Hauptteile auf: Das äußere Ohr, das Mittelohr und das Innenohr oder Labyrinth.

a) Das äußere Ohr besteht aus der Ohrmuschel (Fig. 10*a*), welche die Schallwellen auffängt, und aus dem schalleitenden äußeren Gehörgang (*b*), dessen Abschluß das schräg gestellte, mäßig gespannte „Trommelfell" (*e*) bildet.

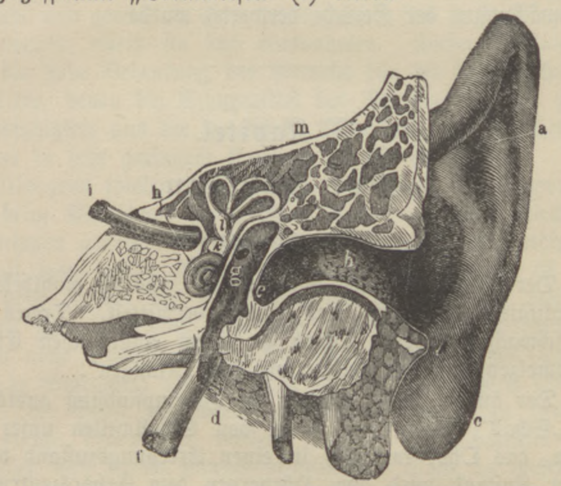


Fig. 10. Senkrechter Durchschnitt des Ohres (nach Reclam).

a Ohrmuschel; *b* äußerer Gehörgang; *c* Ohrläppchen; *d* Unterkiefer-Gelenk; *e* Trommelfell; *f* Eustachische Röhre; *g* Paukenhöhle; *h* Schnecke; *i* Gehörnerv; *k* Vorhof; *l* Labyrinth mit den halbkreisförmigen Kanälen; *m* untere Teile des Schläfenbeines.

b) Innerhalb des Trommelfelles befindet sich das Mittelohr, bestehend aus einer schiefen, länglichen Höhle, der „Paukenhöhle" (*g*), in welcher eine Anzahl zusammenhängender Gehörknöchelchen, der Hammer, der Amboß und der Steigbügel mit dem ovalen Fenster liegen. Der Hammer geht vom Trommelfell aus und ist mit dem Amboß gelenkig verbunden, welcher wieder mit dem Steigbügel zusammenhängt. Letzterer sitzt auf dem Hautring des (geschlossenen) ovalen Fensters so auf, daß eine Bewegung des Bügels das Fenster nach dem Innenohr (*l*) zu eindrückt. Die Gehörknöchelchen haben wahrscheinlich die

Aufgabe, die Schallwellen abzuschwächen und den Reizeindruck zu vereinfachen. Außer dem ovalen Fenster findet sich im Mittelohr ein rundes (häutig verschlossenes) Fenster, welches aus dem Innenohr in die Paukenhöhle führt. Endlich ist die Paukenhöhle durch eine Röhre, die „Eustachische Röhre" (*f*), mit dem Nasen-Rachenraum in Verbindung gesetzt. Diese Röhre öffnet sich bei Schlingbewegungen und beim Öffnen des Mundes und wirkt wie eine Pumpe. Sie hat nicht die Aufgabe, Schallwellen einzuleiten, sondern den Luftdruck so auszugleichen, daß das Trommelfell keine übergroßen Spannungen erleidet. (Lauschende, Schwerhörige, Schmiede und Kanoniere halten deshalb oft instinktiv den Mund offen und stellen das Atmen ein, was die Luftdruckausgleichung fördert.)

c) Der wichtigste Teil des Gehörorgans ist das Innenohr oder Labyrinth. Dasselbe ist von einer sehr festen Knochenmasse umgeben und steht mit der Paukenhöhle nur durch die oben erwähnten (teils knorpelig, teils häutig verschlossenen) beiden Fenster in Verbindung. Das Labyrinth (so benannt nach den vielen, verwickelt gestalteten Höhlen und Gängen darin) ist vollends mit einer zähen Flüssigkeit, dem Labyrinthwasser, erfüllt, welchem die Aufgabe zufällt, die durch das ovale Fenster vermittelten Schallstöße in die Schnecke weiter zu leiten.

Den oberen Teil des Labyrinths bilden die schon im zweiten Kapitel erwähnten drei halbkreisförmigen Kanäle oder Bogengänge, welche in drei verschiedenen Ebenen gelegen sind. Am Fuße der Kanäle finden sich die bereits beschriebenen Anschwellungen (Ampullen) mit den winzigen weißen Statolithen aus kohlensaurem Kalk, welche meist in sechsseitigen Säulen kristallisiert sind. Wir wissen, daß diese Teile des Labyrinths in neuester Zeit als das statische Organ erkannt wurden. In früheren Zeiten nannte man die Statolithen Hörsteinchen, Hörsand oder Otolithen und schrieb ihnen sowie den Bogengängen die Vermittlung der Geräuschempfindungen oder die Aufgabe des Dämpfens der Schallwellen zu.

Den unteren Teil des Labyrinths, der mit dem oberen durch eine Ausweitung, den Vorhof (Fig. 10*k*), verbunden ist, nimmt die Schnecke ein, in welcher sich die Ausläufer des Hörnerven ausbreiten. Die Schnecke weist zweieinhalb Hauptwindungen auf, welche in der Mitte durch eine halb häutige,

halb knöcherne Querleiste oder Spiralleiste (die „lamina spiralis“, Fig. 11 *f*, *g*) in zwei parallele Gänge abgeteilt sind, von denen der obere „Vorhofstreppe“, der untere „Paukentreppe“ heißt (Fig. 11 *b*, *c*). An der Spitze der Schnecke sind die beiden Treppen durch ein Loch verbunden.

Die Schallwelle nimmt im Innenohr den Weg vom ovalen Fenster aus durch das Labyrinthwasser in die Vorhofstreppe, erregt dabei das (sogleich zu beschreibende) Cortische Organ und gelangt zur Schneckenspitze. Von dort geht die Welle durch die Paukentreppe wieder abwärts und endet beim runden Fenster, welches nach der Paukenhöhle zu entsprechend ausgebogen wird, so daß die Bewegung schließlich in die Luft zurückgeleitet erscheint.

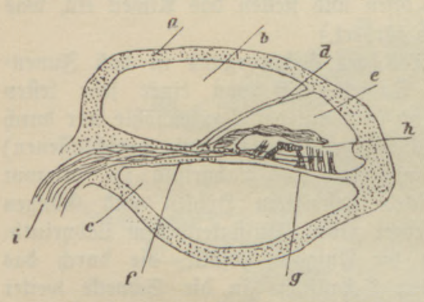


Fig. 11. Vereinfachter Querschnitt der Schnecke.

a Knöcherne Wand der Schnecke; *b* Vorhofstreppe; *c* Paukentreppe; *d* Reißnersche Membran; *e* Schneckenkanal; *f* knöcherner Teil der Querleiste; *g* häutiger Teil der Querleiste oder Grundmembran; *h* Cortisches Organ (mit seinen dunkel gezeichneten Pfeilern und der Cortischen Membran); *i* Hörnerv.

Nähere Betrachtung fordert nunmehr die obere oder Vorhofstreppe.

Im Gange derselben befindet sich eine schief gespannte Haut, die „Reißnersche Membran“ (Fig. 11 *d*), welche einen dritten, spiralig aufsteigenden Hohlraum, den Schneckenkanal, gegen die übrige Schnecke abschließt. Der Schneckenkanal (Fig. 11 *e*) zeigt (beim Betrachten im Mikroskop) einen unregelmäßig dreiseitigen Querschnitt, und zwar bildet der häutige Teil der Querleiste der Schnecke seine Basis, die Reißnersche Membran seine Innenseite und die Schneckenwand (von fester Knochenmasse eingeschlossen) seine Außenseite. Jener häutige Teil der Querleiste heißt in der Physiologie die „Grundmembran“. Auf ihr sitzt der interessanteste Teil des Hörapparates, das sogenannte „Cortische Organ“ (benannt nach seinem Entdecker Corti) auf (Fig. 11 *h*), in welchem sich die Endfasern des Hörnerven befinden.

Dieses Cortische Organ (Fig. 12) windet sich im Schneckenkanal bis gegen die Schneckenkuppel hinauf. Es besteht im

wesentlichen aus folgenden Teilen: Das Gerüst des Organs bilden zwei Reihen schiefer Pfeiler, welche auf der Grundmembran aufstehen und wie bei einem Dachgiebel oben zusammengehen. Sie bilden die sogenannten „Cortischen Bogen". Die inneren, stärkeren Pfeiler heißt man Stege (*d*), die äußeren, schwächeren Saiten (*e*). An die Stege legen sich innere, an die Saiten äußere „Haarzellen" (*f*, *g*), zusammen etwa 16000 bis 20000 an der Zahl. Diese Haarzellen (oder Hörzellen) enthalten vermutlich die letzten Enden der Hörnerven-Fasern. Den Hörhaaren, die aus den Haarzellen wie Borsten hervor-

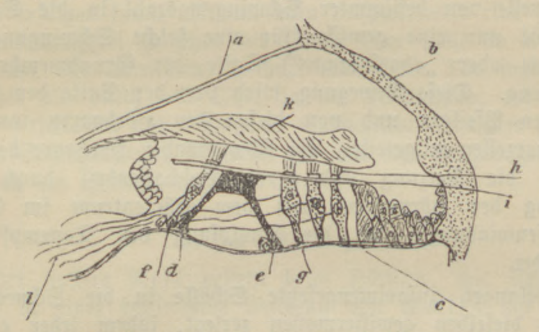


Fig. 12. Vereinfachter Querschnitt des Cortischen Organs (nach Landois).

a Reißnersche Membran; *b* Schneckenwand; *c* Grundmembran; *d* Stege; *e* Saiten der Cortischen Bogen; *f* innere Haarzellen; *g* äußere Haarzellen; *h* Hörhaare; *i* stützende Netzhaut; *k* dämpfende Cortische Membran; *l* Hörnerven-Fasern, zu den Haarzellen verlaufend.

ragen, dient eine zarte Netzhaut (*i*) zur Stütze und eine weiche darüberliegende Membran (die Cortische Membran *k*) als Dämpfungsapparat. Die Cortischen Pfeilerbogen, welche merkwürdigerweise gegen die Kuppel der Schnecke hin an Größe zunehmen, haben eine gewisse Formähnlichkeit mit einer spiralig gedrehten Harfe.

Eine befriedigende Erklärung der Leistungen dieser verwickelten Teilorgane beim Hören von Tönen bestimmter Höhe verdanken wir dem großen Physiker und Physiologen Hermann von Helmholtz (1899 in Berlin gestorben).*) Helmholtz hatte

*) Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen, 1. Aufl. Braunschweig 1862, 5. Aufl. 1896. — Vgl. auch: Wundt, Physiologische

ursprünglich vermutet, daß die einzelnen Cortischen Bogen selbst auf gewisse Töne abgestimmt und mithin die Vermittler der qualitativ abgestuften Hörempfindungen seien, gab aber später diesen Gedanken auf und stellte die folgende geistvolle Lehre auf, welche heute die Anerkennung der meisten Fachleute genießt. Nach Helmholtz' Forschung besteht die Grundmembran aus einer Reihe häutig verbundener Fasern, von welchen jede auf einen gewissen Ton „abgestimmt" ist und gleicht also einem (nach oben breiter werdenden) Hautstreifen aus verwachsenen, aber doch schwingungsfähigen Saiten. Kommt eine einfache Schallwelle von bestimmter Schwingungszahl in die Schnecke, so gerät nur eine gewisse (für eine solche Schwingung eingerichtete oder „abgestimmte") Saite der Grundmembran in Bewegung. Diese Bewegung wird von der Saite den darauf stehenden Pfeilern und von diesen den Hörhaaren innerhalb der Haarzellen mitgeteilt. Die schwingenden Hörhaare berichten sodann die Reizung und deren Beschaffenheit durch Vermittlung der Hörnerven nach dem Hörzentrum im Gehirn (Schläfenwindung), wo die Auslösung der Tonempfindung stattfindet.

Gelangen zusammengesetzte Schälle in die Schnecke, so werden dieselben gewissermaßen zerlegt, indem jeder einfache Teil des Schalles seine zugeordnete Saite zum Schwingen anregt. Das Hören eines Tones von bestimmter Höhe ist somit physiologisch als eine „Resonanz"-Erscheinung (ein Mittönen) zu erklären, welche uns durch einen einfachen Versuch an Klaviersaiten leicht verständlich wird. Singen wir nämlich einen bestimmten Ton, z. B. den Ton c, in ein geöffnetes Klavier hinein, so kann man deutlich (z. B. an einem darauf gelegten kleinen Papierstückchen) sehen, daß speziell die c-Saite in Mitschwingung gerät und einen vernehmbaren Nachklang liefert. Dagegen bleiben die d-Saite, e-Saite usw. ruhig und stumm.

Psychologie, 5. Aufl., Leipzig 1902—03, I. Bd. — Für die Psychologie des Tonsinnes ist sehr wertvoll: Stumpf, Tonpsychologie, Leipzig 1883 u. 1890, ferner Höfler, Psychologie, Wien u. Leipzig 1897, S. 95 ff. — Eine Fülle hierher gehöriger Beobachtungen und Gedanken enthält Mach, Die Analyse der Empfindungen, 4. Aufl., Jena 1903. Die grundlegenden Experimente auf dem Gebiete des Hörsinnes sind angeführt in Höfler-Witasek, Hundert psychologische Schulversuche, 2. Aufl., Leipzig 1903, § 23.

Schreit man in das Klavier, so klingen mehrere Saiten mit und zerlegen so gleichsam den zusammengesetzten Schall in seine Bestandteile. Wir erkennen aus solchen Versuchen, daß die Lehre des Helmholtz nicht nur das Vermitteln eines Tones überhaupt, sondern im besonderen die Vermittlung einer bestimmten Höhe des Tones aufs beste begreiflich macht.*)

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß die Zuleitung von Schallwellen nach dem Labyrinth außer auf dem gewöhnlichen Wege durch den Gehörgang (über die Gehörknöchelchen und das ovale Fenster) auch durch die Schädelknochen erfolgen kann. Nimmt man beispielsweise eine schwingende Stimmgabel zwischen die Zähne oder stellt sie mit dem Stiele auf das Stirnbein, so hört man ihren Ton sogar weit deutlicher als durch das Ohr, ja am deutlichsten, wenn die Ohren verschlossen sind. Daß die Eustachische Trompete speziell für die Schallzuleitung bestimmt sei, hat man früher geglaubt, ist jedoch als Irrtum erwiesen worden.

3. Der Schallreiz.

Der äußere Reiz besteht beim Hörsinn, wie schon erwähnt, in einer bestimmten Gattung von Wellen des schall-

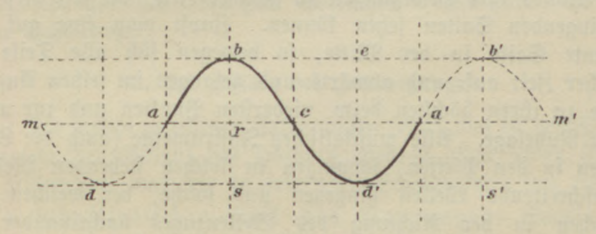


Fig. 13. Bildliche Darstellung einer Welle.

leitenden Stoffes (Luft, Wasser, Knochensubstanz usw.), welche Wellen sich ins Labyrinth fortpflanzen.

Eine Welle kann man in der Zeichnung durch eine Wellenlinie versinnbildlichen. Einer besonders einfachen Wellenart

*) Eine ähnliche Lehre vertritt auch Hensen in seiner Arbeit über die Physiologie des Gehörsinnes in Hermanns Handbuch der Physiologie, III. Bd., 2. Abt.

entspricht die untenstehende Figur (13). Sie zeigt höchste Punkte (*b*, *b'*) und tiefste Punkte (*d*, *d'*), welche Wellenberge und Wellentäler heißen. Ein Wellenberg und ein Wellental zusammen (von *a* bis *a'*) begrenzen eine ganze Welle oder „Welle" schlechtweg. Der senkrecht gemessene Abstand des höchsten und tiefsten Punktes einer ganzen Welle (*b* bis *s* oder *d'* bis *e*) heißt ihre „Amplitude" oder Schwingungsweite, die Höhe eines Berges oder Tales im Vergleiche zur Mittellage (*b* bis *r* oder *d'* bis *r'*) „Elongation". Die Dauer einer ganzen Schwingung (von *a* bis *a'*) bezeichnet man als Schwingungszeit und die Zahl der Schwingungen in einer Sekunde als Schwingungszahl. Die oben gezeichnete Welle hat eine überaus einfache „Wellenform"; es kommen natürlich auch andere, vielfach ein- und ausgebogene Formen vor. Weisen die Wellenzüge in ihren Teilen eine regelmäßige Wiederkehr gleicher Wellenformen auf, so nennt man den Wellenzug einen „periodischen" (z. B. Fig. 13); nichtperiodische Züge bestehen aus unregelmäßig verlaufenden Stücken.

Die physikalische Wellenlehre unterscheidet zwei Hauptarten von Wellen, nämlich stehende Wellen und fortschreitende Wellen. Bei einer stehenden Welle beginnen und beendigen alle Teilchen des Stoffes ihre Bewegungen zu gleicher Zeit, wie wir dies bei schwingenden Saiten sehen können. Zupft man eine gut gespannte Saite in der Mitte, so bewegen sich alle Teile in gleicher Zeit auf- und abwärts und gelangen im selben Augenblicke zu ihren höchsten bezw. niedersten Punkten und zur mittleren Ruhelage. Alle musikalischen Instrumente (auch die Luftsäulen in den Pfeifen) schwingen in solchen stehenden Wellen. Fortschreitende Wellen hingegen sind solche, bei welchen die Teilchen in der Richtung des Wellenzuges nacheinander in Schwingungen geraten und ihre Bewegungen auch zu verschiedenen Zeiten beenden. An einem Seile, das wir mit dem einen Ende an der Wand befestigt haben, mit dem freien Ende aber in der Hand halten, können wir eine (von der Hand bis zur Wand verlaufende) fortschreitende Welle sehen, wenn wir das Seil wie eine Peitsche schnellen. Auch das Wasser zeigt nach dem Hineinwerfen eines Steinchens (in Kreisen) fortschreitende Wellen.

Sowohl die stehenden als auch die fortschreitenden Wellen weisen zwei Unterarten auf, nämlich Längswellen oder „longi-

tudinale" und Querwellen oder „transversale". Longitudinale Wellen sind solche, bei welchen die Stoffteilchen in der Richtung der Fortpflanzung der Bewegung hin und her schwingen, wie dies bei der Luft der Fall ist, wenn wir eine Pulverpatrone explodieren lassen. Dagegen nennen wir Transversalwellen jene, bei welchen die Stoffteilchen senkrecht auf die Richtung der Fortpflanzung auf und ab schwingen. Bei Wasserwellen findet nur scheinbar ein Weglaufen derselben Wasserteilchen von der Einwurfsstelle des Steines statt; in Wirklichkeit gehen dieselben Teilchen der Welle hinauf und herab. Während die Luft in tönenden Pfeifen sich in stehenden Longitudinalwellen bewegt, sind die Saitenschwingungen aus stehenden Transversalwellen zusammengesetzt. Dagegen findet die Fortpflanzung des Schalles durch fortschreitende longitudinale Wellen, jene des Lichtes durch fortschreitende transversale Wellen statt.

Die longitudinale Wellenbewegung, durch welche der Schall sich von einem äußeren Erreger bis zum Hörorgan fortpflanzt, kommt in abwechselnden Verdichtungen und Verdünnungen der Luft zum Ausdruck und zwar breiten sich diese Wellen in kugelförmigen Schichten vom Schallerreger nach allen Seiten hin aus. Im Labyrinthwasser hingegen schreiten diese Wellen als „Erzitterungswellen" bis zum Cortischen Organ fort. So viel vom Schallreize.

4. Der Ablauf des Hörvorganges.

Die soeben gegebenen Erklärungen setzen uns in den Stand, nunmehr den Ablauf des Hörvorganges in allen seinen Teilen zu beschreiben, was wir in folgenden Schlagworten tun wollen:

1. Physikalischer Teil des Vorganges: Schwingung eines Schallerregers (Gitarresaite, Glocke, Lokomotivpfeife), fortgepflanzt durch einen leitenden Stoff (ein „Medium", z. B. Luft, Knochen) bis zum Trommelfell.
2. Physiologischer Teil des Vorganges: Schwingung des Trommelfelles, dann der Gehörknöchelchen, des ovalen Fensters, des Labyrinthwassers, der Grundmembran im Cortischen Organ der Schnecke, der aufstehenden Pfeiler und der Hörhaare (Nervenenden). Die Bewegung der Hörhaare berichtet der Hörnerv (nervus acusticus) nach dem Hörzentrum im Gehirn (Schläfenwindung, nächst der

Sylvischen Grube), woselbst eine nicht näher bekannte chemische Entladung stattfindet.

3. Psychologischer Teil des Vorganges: Dem Vorgang im Hörzentrum zugeordnet, stellt sich die Empfindung eines bestimmten Tones oder Geräusches ein. Der Inhalt dieser Empfindung wird von uns „aufgefaßt" und dadurch zu einer „Hörwahrnehmung", deren Ursachen wir in die Außenwelt verlegen.

5. Die Modalitäten des Hörsinnes.

Es obliegt uns nun die nähere Beschreibung der Hörmodalitäten, als welche wir „Geräusch" und „Ton" angegeben haben.

Das Geräusch ist psychologisch dadurch gekennzeichnet, daß es aus einem oder mehreren Schallstößen besteht, welchen das Merkmal einer bestimmten Höhe (wie es die Töne besitzen) mangelt. Meist erregen die Geräusche ein unangenehmes Begleitgefühl. Alles was wir Knall, Krach, Plätschern, Rauschen, Rasseln, Summen, Knattern, Dröhnen, Zischen usw. nennen, ist Geräuscherscheinung. Zuweilen unterscheiden wir auch unter Geräuschen hohe und tiefe, z. B. dumpfes Brummen, grelles Kreischen, allein in solchen Fällen zeigt die physikalische Prüfung, daß in jenen Geräuschen kräftige hohe oder tiefe Töne eingemischt sind. Andererseits gibt es unreine, mit Geräuschen mehr oder minder vermischte Töne, so daß die Grenzen der beiden Modalitäten psychologisch keineswegs scharfe sind.

Unter den echten Geräuschen finden wir einfache und zusammengesetzte. Der Pistolenschuß ist ein einfaches Geräusch, aus einem Schallstoß bestehend, dagegen ist das Rollen des Donners ein zusammengesetztes Phänomen. Die zusammengesetzten Geräusche können auch eine regelmäßige Wiederkehr (eine „Periodizität") gleicher Bestandteile aufweisen, wie z. B. das Klappern eines Mühlrades oder das Stampfen einer Maschine.

Einem Geräusche kommen Intensität, Ort und Zeit zu, von welchen Merkmalen wir jedoch besser bei Besprechung der Töne handeln.

Der Ton besitzt einen deutlicheren psychischen Charakter als das Geräusch. Der Ton ist gleichmäßiger und bestimmter,

hat stets eine Qualität, d. h. eine gewisse Höhe, und läßt sich nach der Höhe in ein Reihensystem (eine Skala) einordnen, dessen Glieder durch ziemlich genaue Unterschiedsempfindungen gebildet werden.

Wir werden später zeigen, wie man eine Tonskala durch Berechnungen aus den Schwingungszahlen wissenschaftlich aufbauen kann, allein es ist stets an der Tatsache festzuhalten, daß der Mensch die Skala ursprünglich auf Grund des psychischen Merkmales der empfundenen Tonhöhe bildet. Auch ein nicht musikalischer und der Physik unkundiger Mensch kann eine Anzahl Stimmgabeln, welche ihm ungeordnet übergeben wurden, nach seinen Empfindungsqualitäten in eine richtige Skala reihen. Die Stufen der in der Volksmusik verwendeten Skalen bedeuten natürlich nur eine Auswahl der unendlich großen Anzahl physikalisch möglicher Töne.

Man unterscheidet einfache Töne (Töne im engeren physikalischen Sinne) und Klänge (Zusammensetzungen von Tönen). Der „einfache Ton" ist eigentlich eine psychologische Hilfsannahme, die in der Empfindung nie verwirklicht wird. Am nächsten kommt dem einfachen Ton der Ton einer tadellosen Stimmgabel, deren Untersatz (Resonanzflasche) auf den Gabelton abgestimmt ist. Ziemlich rein ist auch der Ton einer guten Flöte. Die Töne des täglichen Lebens (der menschlichen Stimme und der musikalischen Instrumente) hingegen sind in Wahrheit Klänge d. h. Verschmelzungseindrücke, die sich aus einem Hauptton (Grundton) und mitklingenden Obertönen zusammensetzen.

Vom physikalischen Standpunkte sind Geräusche, Töne und Klänge besser definierbar: Geräusche entstehen im großen ganzen durch nichtperiodische (der Zeit und Form nach unregelmäßige) Schallwellenzüge, Töne hingegen durch einfache periodische Schwingungen der Schallerreger (und zwar durch sogenannte Sinus- oder pendelartige Wellen). Klänge endlich gehen auf zusammengesetzte periodische Wellenzüge zurück, deren Form von der Qualität und Höhe der Teiltöne abhängt. Die Form solcher mehr oder minder verwickelt gestalteter Wellen ist der physikalische Grund für die Klangfarbe. Man versteht unter Klangfarbe jenen eigentümlichen Charakter, welcher die Klänge verschiedener Instrumente oder menschlicher Stimmen ungleichartig erscheinen läßt, auch wenn die Höhe und Stärke der Klänge dieselbe ist. Wir kommen auf diesen Punkt noch zu sprechen.

6. Die Tonhöhe.

Jeder Ton hat eine Qualität oder Höhe, eine Intensität oder Stärke, eine räumliche Bestimmtheit oder Schallrichtung und eine zeitliche Bestimmtheit oder Dauer.

Die Qualität oder Höhe eines Tones kann als solche nicht psychologisch beschrieben werden. Jeder Hörfähige kennt jedoch aus seiner Wahrnehmung das Merkmal, demzufolge der Ton c_2 „höher" als der Ton c_1 und „tiefer" als c_3 empfunden wird.*) Nach der bloß psychischen Beziehung des Höher- und Tieferseins lassen sich die Töne bekanntlich in eine einfache Reihe einordnen, welche Tonskala heißt.

Der bequemen Bezeichnung und Verständigung halber hat man, wie allbekannt, gewisse musikalisch wichtige Töne mit den Buchstaben c, d, e, f, g, a, h benannt, welchen Tönen wieder ein c_1, d_1, e_1 usw. in höherer Lage folgen. Den Höhenabstand („Intervall") zwischen einem c und dem nächsten (c_1) oder vorhergehenden (c_{-1}) bezeichnet man als „Oktave". Die Oktave bedeutet einen durch Empfindungsverwandtschaft oder Verschmelzbarkeit besonders ausgezeichneten Höhenabstand oder Intervall. Der Intervall c d heißt in der Musik „Sekunde", c e „Terz", c f „Quart", c g „Quint", c a „Sext", c h „Septime". Der Vollständigkeit halber wird der Abstand c von einem gleichhohen c gleichfalls benannt nnd zwar als „Prime". Dic Buchstabenzeichen c, d, e, f, g, a, h stammen wahrscheinlich schon vom heiligen Ambrosius (gestorben im Jahre 397) oder vom Papst Gregor dem Großen (gestorben im Jahre 604). Ursprünglich begann die Reihe von a und lautete a, b, c, d, e, f, g. Später schob man zwischen b und c einen (halben) Ton ein und nannte ihn gleichfalls b (rundes, lateinisches b); dafür ersetzte man das alte b, welches in gotischer Schrift einem h ähnelt, durch „h", wodurch unsere heute übliche Reihe entstand. Eine andere Benennung der Töne c, d, e usw. ist die in romanischen Ländern verwendete „ut (oder do), re, mi, fa, so, la, si", welche Silben vom Erfinder der modernen Notenschrift,

*) Es ist von Interesse, daß die Bezeichnungen „hoch" und „tief" vom Raume entlehnt sind, was vielleicht aus der Wahrnehmung zu erklären ist, daß beim Sprechen und Singen tieferer Töne mehr unten gelegene Stellen des Kehlkopfes, bei höheren Tönen mehr oben gelegene Stellen dieses Organs beteiligt sind.

dem Benediktiner Guido von Arezzo, im Jahre 1026 einem alten Kirchengesang zu Ehren des heiligen Johannes entnommen wurden. (Die Hymne beginnt mit den Worten „Ut queant laxis resonare fibris . . .“.) In neuerer Zeit hat man die Tonbuchstaben in der Weise vervollständigt, daß man die auf c folgenden Oktaventöne höherer Lagen mit c_1, c_2, c_3 (oder $\bar{c}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$), dagegen die c vorhergehenden, tieferen Oktaventöne mit c_{-1}, c_{-2}, c_{-3} (oder C, $\underline{C}$, $\underline{\underline{C}}$) bezeichnete.

Zwischen die Grundskala c, d, e, f, g, a, h schob bereits Guido noch fünf Zwischentöne ein, genannt „cis, dis, fis, gis, ais“ oder von einem andern Ausgangspunkte aus „des, es, ges, as, b“, so daß nun jede Oktave aus 12, als „halbe“ Töne bezeichneten Stufen bestand, welche die ganze, musikalisch verwendbare Tonreihe in eine feste Ordnung brachten. Daß jedoch diese musikalisch bezeichneten Stufen lange nicht alle überhaupt unterscheidbaren Töne wiedergeben, sei bereits jetzt erwähnt.

Physikalisch hängt die *Tonhöhe* von der *Schwingungszahl* (der Anzahl ganzer Schwingungen in der Sekunde) ab und zwar wird der Ton um so höher je größer die Schwingungszahl ist. (Diese wichtige Entdeckung verdanken wir dem Physiker Mersenne, einem im Jahre 1648 verstorbenen Mönch.) Im Grunde gleichen Sinnes ist die Angabe, daß ein Ton um so höher werde, je *kleiner* die *Länge* der Schallwelle sei, da offenbar von kürzeren Wellen *mehr* in einer Sekunde ablaufen als von längeren Wellen. Die Abhängigkeit der Tonhöhe von der Schwingungszahl gibt ein Mittel in die Hand, die einzelnen Stufen der Skala in wissenschaftlich genauer Weise festzustellen, was nicht nur für die physikalische, sondern auch für musikalische Zwecke von besonderer Bedeutung ist. Auf einer internationalen Konferenz, welche im Herbst 1885 in Wien anläßlich einer Musikausstellung stattfand, wurde als „Kammerton“ oder „Diapason“ das a_1 von 435 Schwingungen in der Sekunde festgestellt, woraus auch die Zahlen für alle übrigen Töne ableitbar sind. Von 1834 bis 1885 war in Deutschland und Österreich das Scheiblersche a_1 mit 440 Schwingungen bei der Herstellung der Musikinstrumente in Verwendung gewesen.

Wir sagten soeben, daß aus der gegebenen Schwingungszahl eines Tones auch die Zahlen für die übrigen Skalentöne

ableitbar seien. Dies führt uns auf die Besprechung einer merkwürdigen und wichtigen Tatsache.

Durch genaue Messungen läßt es sich nämlich zeigen, daß der um eine Oktave höhere Ton genau zweimal so viele Schwingungen voraussetzt, als der Ton („Grundton"), von welchem ausgegangen wird. Die Schwingungszahl der Sekunde beträgt $^9/_8$, der Terz $^5/_4$, der Quart $^4/_3$, der Quint $^3/_2$, der Sext $^5/_3$, der Septime $^{15}/_8$ der Grundton-Schwingungszahl. Ein Beispiel soll dieses Verhältnis klar machen:

Gehen wir vom c_1 des gewöhnlichen Klaviers aus, welches 261 Schwingungen der Saite in einer Sekunde fordert, so hat das darauffolgende d_1 (die Sekunde) $261 \times {}^9/_8 = 293\,{}^5/_8$ Schwingungen, das nächste e_1 (die Terz) $261 \times {}^5/_4 = 326\,{}^1/_4$ Schwingungen, das folgende a_1 (die Sext, der Kammerton) 435 Schwingungen usw. Die höhere Oktave c_2 hat dann genau $261 \times 2 = 522$, c_3 offenbar $522 \times 2 = 1044$ als Schwingungszahl.

Diese Zahlenregeln gelten für alle Tonlagen in derselben Weise und ermöglichen den streng physikalischen Aufbau verschiedener Tonleitern, die man in ihrer Gesamtheit „Dur-Tonleitern" nennt. Die daneben verwendeten „Moll-Tonleitern" von wesentlich anderer Färbung charakterisieren sich durch die sogenannte „kleine" Terz mit nur $^6/_5$ Schwingungen im Vergleiche zum Grundton. Nach dem Gesagten scheint die Tonleiter c, d, e, f, g, a, h, c_1 usw. einen sehr einfachen zahlenmäßigen Bau zu besitzen; wenn wir jedoch die Verschiedenheiten zwischen diesen einzelnen Tönen (in Brüchen) ausrechnen, ergibt sich ein ziemlich verwickeltes Bild. Es zeigt sich vor allem, daß die Stufen c d, d e, f g, g a, a h etwa doppelt so große Schwingungszahl-Verschiedenheiten aufweisen, als die Stufen e f und h c. Die ersteren Stufen nennt man „ganze" Töne, die letztgenannten „halbe" Töne. Auch die Stufen c cis, d dis usw. gelten als halbe Töne. Genaue Berechnungen ergeben ferner, daß zahlenmäßig weder alle ganzen, noch alle halben Tonstufen genau gleich große Verschiedenheiten bedeuten, so daß man, um in eine Oktave 12 untereinander gleiche Halbtöne unterzubringen, beim Stimmen der Instrumente kleine (kaum hörbare) Ausgleichungen vornimmt, was zwar die theoretische Reinheit der Intervalle beeinträchtigt, aber andererseits wichtige Vorteile für die Einrichtung und praktische

Verwendung der Instrumente mit sich bringt. Man nennt diese Stimmung mit verbessernden Ausgleichungen die „temperierte" zum Unterschied von der zahlenmäßig genauen „reinen" Stimmung.

An dieser Stelle seien noch einige Mitteilungen über die Grenzen der Tonempfindungen und der Tonerzeugung beigefügt. Nach Ernst Mach genügen für Geübte 4 bis 8 Schwingungen in der Sekunde, um dem entstehenden Schall eine Tonqualität zu verleihen; W. Wundt gibt 8 bis 10 Schwingungen und W. Preyer 16 bis 23 Schwingungen als unterste Grenze an. Dagegen hatte H. Helmholtz behauptet, daß erst bei 30 Schwingungen aus dem dumpfen Brummen des schwingenden Körpers ein echter Ton entstehe, dessen bestimmte musikalische Höhe sogar nicht früher als bei 40 Schwingungen erkannt werde. Offenbar kommt es hier sehr auf die Art des Schallerregers und auf die persönliche Befähigung des Hörers an. Bei großen Orgeln pflegt ein c_{-3} mit 16 Schwingungen, bei Klavieren ein a_{-3} mit 27 Schwingungen, bei Baßgeigen ein e_{-2} mit 41 Schwingungen der tiefste erzeugbare Ton zu sein, dessen Höhe aber nur von musikalisch Geübten bemerkt werden kann. Die menschliche Stimme vermag Töne zwischen 64 und 1500 Schwingungen zu erzeugen.*) Die Baßstimme reicht gewöhnlich von f_{-1} bis f_1; der Tenor von c bis c_2, die weibliche Altstimme von f bis f_2, der Sopran von c_1 bis c_3.

Die höchsten erzeugbaren Töne sind beim Klavier das c_5 mit 4138 Schwingungen, bei der kleinen Flöte das d_5 mit 4645 Schwingungen. Höhere Töne als solche mit etwa 5000 Schwingungen werden in der Musik nicht verwertet, doch können bei gedeckten Pfeifen noch Töne mit 20000, bei Stimmgabeln mit 40000 Schwingungen erzeugt werden, die freilich schmerzhaft schrill erklingen. Bei der „Sirene" (einer durchlochten, beim raschen Drehen und Anblasen tönenden Scheibe) konnte man, wenn sie mit Dampf angeblasen wurde, noch bis zu 72000 Schwingungen gehen, ohne dem erzeugten Schall den Toncharakter zu nehmen.

Aus zahlreichen Versuchen hat man geschlossen, daß kleinere

*) Vgl. Reis, Lehrb. d. Physik, Leipzig 1893, S. 272 ff.; genauere und neuere Daten in Höflers Physik, Braunschweig 1904, S. 293 ff.

Zuwüchse als etwa 0,2 bis 0,4 Schwingungen auch in den mittleren Lagen von 700 bis 3000 Schwingungen, für die das Ohr am feinsten empfindlich ist, nicht mehr bemerkt werden (Schwelle der Unterschiedsempfindlichkeit); doch mögen auch hier bedeutende persönliche Verschiedenheiten in Frage kommen.

Auf eine die Tonqualität betreffende merkwürdige Erscheinung hat der Physiker Christian Doppler (gestorben im Jahre 1853) aufmerksam gemacht: Nähert sich eine Tonquelle unserem Ohre, so hören wir den Ton nach und nach höher, als er ist; beim Entfernen dieser Tonquelle scheint die Tonhöhe wieder herabzusinken und zwar ist der Fehler um so beträchtlicher, je schneller die Bewegung der Tonquelle (oder auch unseres Ohres) ist. Jeder von uns kann bemerken, daß der andauernde Pfiff einer aus der Ferne heraneilenden Lokomotive immer höher zu werden scheint, beim Vorübersausen fast um einen ganzen Ton über den ursprünglich gehörten steigt und endlich während des Entschwindens der Lokomotive wieder zu seiner ersten Stufe herabsinkt. Der Physiker Buys-Ballot hat die gleichartige Beobachtung mit einer Trompete, der schon genannte Gelehrte Ernst Mach mit einer sehr langen Pfeife gemacht. Den Anlaß zu dieser Täuschung gibt der Umstand, daß beim Annähern der Schallquelle sich die schalleitenden Luftverdichtungen vermehren und zu einer Höherschätzung des Tones führen; beim Entfernen der Schallquellen mindern sich hingegen die zum Ohre dringenden Wellen, was das Urteil neuerdings irreleitet. Das Dopplersche Prinzip gilt übrigens auch für Lichterscheinungen und wurde zur Feststellung gewisser Bewegungen der Fixsterne (Doppelsterne) verwertet.

7. Die Konsonanz und Dissonanz bei Intervallen.

Läßt man auf einem Instrumente (z. B. auf einer Orgel) zwei Töne unmittelbar nacheinander oder gleichzeitig erklingen, so merkt man, daß sich gewisse musikalische Intervalle, und zwar besonders die Oktaven (aber auch die Quinten, Quarten, Terzen) durch eine gewisse innere Verwandtschaft oder Zugehörigkeit der beiden Töne auszeichnen. Physikalisch heißt diese Erscheinung Konsonanz, das Gegenteil Dissonanz; psychologisch wird sie (nach C. Stumpf)*) als „Tonverschmelzung"

*) Stumpf, Tonpsychologie, II. Bd., S. 63, 138 f.

bezeichnet. In der Tat kann jeder von uns beobachten, daß die Oktave zum Grundton in angenehmer Weise paßt, sich mit ihm verbindet oder verschmilzt, während die Septime (c—h) vergleichsweise rauh und unverschmolzen klingt, ob man nun die Töne nacheinander oder gleichzeitig anschlägt.*) Weniger gut als die Oktave, aber doch besser als sonstige Intervalle „konsonieren" die Töne der Quint (z. B. c—g), der Quart (c—f) und Terz (c—e), während Intervalle wie c—dis, f—g_1 usw. auffallend wenig Verschmelzungsfähigkeit der Töne aufweisen, d. h. „dissonieren". Das Begleit-Lustgefühl, das sich an Konsonanzen knüpft, bezeichnet man als „Harmonie", das begleitende Gefühl der Unbefriedigung bei Dissonanzen als „Disharmonie".

Überraschenderweise sind die konsonierenden Intervalle durch besonders einfache Schwingungszahl-Verhältnisse ausgezeichnet. Wie schon besprochen, verhält sich nämlich der Grundton zum Oktavton hinsichtlich der Schwingungszahl wie 1:2, der Grundton zum Quintenton wie 2:3 und zur Terz wie 4:5 usw. Intervalle dagegen, bei welchen die Schwingungszahlen der beiden Töne einen verwickelten Bruch darstellen, dissonieren.

Die neuere Physik hat ermittelt, daß die Konsonanz oder Dissonanz mit den Folgen des Zusammentreffens der Wellenzüge zweier (oder mehrerer) Töne in Beziehung steht. Verhalten sich nämlich die Schwingungszahlen zweier Wellenzüge nicht wie die Einheit zum Vielfachen (1:2, 1:3, 1:4), so heben sich manche Wellenberge des einen Tons gegen gleichzeitige Wellentäler des anderen Tons auf (sog. „Interferenz"-Erscheinung), welche Störungen des Verlaufes der Schwingungen in der Empfindung als Luftstoß oder „Schwebung" (französisch battement) zur Wirkung kommt. Diese Schwebungen verursachen, wenn sie 20 bis 40 mal in der Sekunde auftreten, — ähnlich wie das Lichtflackern und andere unregelmäßig unter-

*) Man hat versucht, die Behauptung durchzuführen, daß der Oktavton dem Grundton am ähnlichsten sei; minder, aber noch sehr ähnlich sei der Quintenton usw. Allein der Begriff der Ähnlichkeit verwirrt hier mehr, als er erklärt. Am „ähnlichsten" ist wohl dem Ton c der Ton cis, d. h. qualitativ am nächsten. Mit qualitativen Ähnlichkeiten haben die Intervalle nichts zu tun, und wir ziehen daher die Beschreibung als Verschmelzbarkeit vor.

brochene (intermittierende) Sinneseindrücke — ein Unbehagen, welches als „Disharmonie" bewußt wird. Hiervon soll noch in der Folge die Rede sein. Bereits hier sei aber hervorgehoben, daß wir vom Bestehen der Konsonanzen und Dissonanzen keineswegs erst durch die Physik erfahren, sondern daß die größere oder geringere Verschmelzbarkeit von Tönen verschiedener Höhenlagen zu den unmittelbar gegebenen psychischen Tatsachen zählt. Auch der ungelehrte Mensch wird, wenn man seine Aufmerksamkeit darauf lenkt, die viel innigere Anpassung des Oktaventons an den Grundton im Vergleiche zum Sekundton ohne weiteres empfinden.*)

8. Die Stärke des Tones.

Die Intensität oder Stärke des Tones (wie auch des Geräusches) bezeichnet die Sprache mit den Worten „laut" und „leise" oder „stark" und „schwach" in sehr allgemeiner Weise. Doch besteht nicht nur bei Musikern sondern auch bei ungeübten guthörenden Personen eine gut ausgebildete Fähigkeit, die Stärkeunterschiede zweier rasch nacheinander erklingenden Töne zu bemerken. Besser gelingen solche Unterscheidungen zwischen Tönen gleicher Höhe als zwischen solchen von verschiedener Stufe.**)

Physikalisch hängt die Stärke eines Tones (oder Geräusches) von der Schwingungsweite („Amplitude") der Schallwellen ab, und zwar wächst und fällt die Stärke im gleichen Verhältnisse wie das Quadrat der Amplitude. Die gleiche sachliche Bedeutung kommt der Angabe zu, daß die Tonstärke mit der Geschwindigkeit der Schallschwingungen (nach dem Quadrate) wachse und falle. Die durchschnittlich unterste Grenze der Hörbarkeit eines Schalls

*) Die hier vertretene Auffassung wird von Wundt nicht geteilt. Nach seiner „Theorie der Klangverwandtschaft" konsonieren solche Klänge, deren deutliche Partialtöne „im Einklange stehen". Auch die Unterscheidung der Konsonanz und Harmonie faßt er anders: „Die Konsonanz ist eine Übereinstimmung durch gleiche, die Harmonie eine Übereinstimmung durch verschiedene (aber unter sich durch eine bestimmte gesetzmäßige Beziehung verbundene) Töne". (Physiolog. Psychologie, 5. Aufl., II. Bd., S. 392, 403; ferner S. 421 ff.

**) Prof. F. Jodl (Psychologie, 2. Aufl., Stuttgart 1902, V. Kap., 5. Abschn.) spricht außerdem auch von einer „Quantität" oder dem „Volumen" eines Tones, bestimmt durch Größe und Zahl der Tonerzeuger, welches Merkmal man durch die Gegensätze „voll" und „leer" ausdrückt.

(der Empfindlichkeit für Intensitäten) ist noch nicht genau ermittelt worden. Man hat mittels des Fallphonometers gefunden, daß ein Korkkügelchen von einem Milligramm Gewicht, welches von einem Millimeter Höhe auf eine Glasplatte fällt, einen eben noch hörbaren Schall bewirkt, sofern das Ohr nicht weiter als 5 cm von der Glasplatte entfernt ist. Bei Orgelpfeifen sollen noch Schwingungen von vier Hunderttausendstel Millimetern Amplitude hörbare Wirkung üben.

Um eine Zunahme der Tonstärke bemerken zu können, bedarf es einer Steigerung der Schwingungsweite um $^1/_3$ der ursprünglichen Weite (Schwelle der Unterschieds-Empfindlichkeit), eine Bruchzahl, deren Unveränderlichkeit bei mittelstarken Hörreizen das besprochene Webersche Gesetz bestätigt. Jenseits der untersten Grenze der Hörbarkeit liegt die psychische Stille. G. Th. Fechner hat jedoch gezeigt, daß es eine absolute Stille beim hörfähigen Menschen nicht gebe. Abgesehen von den vielen unbeachteten Schällen, die von der belebten und unbelebten Umgebung herrühren, besitzt der Mensch auch in seinem Innern zahlreiche Schallquellen (Blutsbewegung, Atmungsgeräusche), welche in krankhaften Zuständen sogar sehr deutlich merkbar werden können. Die oberste Grenze der Schallempfindlichkeit ist durch solche Schälle gegeben, die das Hörorgan zerstören. Bei Artilleristen in der Schlacht sind Sprengungen des Trommelfelles durch den Luftstoß naher Schüsse nichts Ungewöhnliches. Die Physik lehrt, daß die Schallstärke mit dem Quadrate der Entfernung der Schallquelle vom Ohr abnimmt, eine Regel, welche jedoch nur für ruhige, trockene Luft gilt.

Der berühmte englische Physiker Tyndall hat nämlich Versuche am Meere mit Dampftrompeten („Nebelhörnern") und Kanonen angestellt, welche ergaben, daß der Schall bei mäßig trübem Wetter dreimal, bei argem Regensturm sechzigmal weiter gehört wird, als bei klarer Mittagsluft! Je schlechter man am Meere sieht, meinte Tyndall, desto besser hört man.

9. Das räumliche Merkmal des Tones.

Hinsichtlich der räumlichen Bestimmtheit ist der Hörsinn weit weniger entwickelt als der Tast- und der Sehsinn. Wir wissen zwar in den meisten Fällen auf Grund von „Lokalzeichen" der Empfindungen, ob der Schall von vorne oder rückwärts, von rechts oder links komme, allein diese Orts-

anweisungen, sowie die Entfernungsschätzungen sind an sich ziemlich unbestimmt und unterliegen häufig Täuschungen. Auch gut Hörende können irrigerweise ein von unten kommendes Klavierspiel in das obere Stockwerk verlegen. Eine Verbesserung des räumlichen Zurechtfindens wird durch das Hinwenden eines Ohres nach der vermeintlichen Schallrichtung erzielt. In der Regel wird die Schallquelle nach einem Punkte außerhalb unseres Organs verlegt, doch kommt es bei Entzündungen des mittleren und inneren Ohres auch vor, daß wir ein Rauschen im Organ selbst empfinden.

Übung, Aufmerksamkeit und namentlich persönliche Anlage spielen bei der räumlichen Bestimmtheit der Hörempfindungen eine große Rolle. Vor allem erscheinen uns Blinde befähigt, Schallentfernungen und Richtungen ungewöhnlich genau zu erfassen. Wilde Völker und gejagte Tiere sind in diesen Punkten jedenfalls den Kulturmenschen überlegen.

Hier bedürfen noch die Erscheinungen des Einfach- und Doppelthörens einer kurzen Besprechung. Unter gewöhnlichen Umständen wird von einer Tonquelle — trotzdem jedes der beiden Ohren einen Reiz für sich empfängt — doch nur ein Ton zum Bewußtsein gebracht. Man sucht diese Tatsachen durch den Hinweis zu erklären, daß die große Ähnlichkeit der zwei Reiznachrichten die Auffassung einer „Doppeltheit" des Eindruckes nicht zulasse.

Nach den neueren Forschungen liegt aber in dem Umstande, daß wir jeden Ton gewöhnlich mit zwei Ohren hören, ein natürliches Hilfsmittel für räumliche Bestimmungen, nämlich für die Schätzung von Lage und Entfernung des Schallerregers, ähnlich wie das Doppeltsehen der Augen die Kenntnis des Sehraumes vermittelt (nach Steinhausen). Von dem seltenen Falle abgesehen, daß sich die Schallquelle genau in der Mittelebene zwischen den Ohren befindet, wird nämlich ein anlangender Schallwellenzug die beiden Organe nicht völlig gleich stark und unmittelbar reizen, so daß der kleine Unterschied der Eindrücke eine Grundlage für das Urteil der Schallrichtung liefern kann. Freilich pflegt weder jener Unterschied noch der diesbezügliche Urteilsakt zum deutlichen Bewußtsein zu kommen.

Erklingen zwei Töne gleichzeitig, so kann ebensowohl eine Sonderung der Eindrücke, wie auch eine einheitliche Auffassung zustande kommen. Zwei Töne gleicher Höhe ver-

schmelzen leicht, auch wenn sie aus räumlich weit getrennten Schallquellen stammen. Haben jedoch die Töne verschiedene Höhe, so wird die mehr oder minder innige Vereinigung zu einem Gesamteindruck erleichtert, wenn die Schallquellen (z. B. Orchesterinstrumente) auf derselben Körperseite und hinreichend nahe beieinander (im Vergleich zu ihrer Entfernung vom Ohre) gelegen sind.*)

Vereinigungen von Klängen verschiedener Höhe zu einem Gesamteindruck nennt die Musik Akkorde (Mehrklänge, Zweiklänge, Dreiklänge usf.). Beim unbefangenen Hören eines Akkordes ist die Empfindung eine einheitliche. Doch gelingt es bei darauf gerichteter Aufmerksamkeit namentlich geübten Personen (Kapellmeistern), den Mehrklang in seine Bestandklänge zu zerlegen, wobei die Erscheinung zutage tritt, daß einer von den Bestandklängen (meist der tiefste oder bei verschieden starken der stärkste) für die Höhe des Ganzen bestimmend wirkt.

10. Das zeitliche Merkmal des Tones.

In bezug auf die zeitliche Bestimmtheit ist der Hörsinn der genaueste von allen Sinnen, was die volkstümliche Erfahrung und das wissenschaftliche Experiment in gleicher Weise zeigen. Die Genauigkeit, mit welcher gute Musiker (wie Hans von Bülow einer war) den Takt einhalten können, wird nur wenig von einem Metronom (Taktpendel) übertroffen. Das, was der Musiker hierbei innerlich abschätzt, ist einerseits die Dauer des Erklingens der Töne, andererseits die Dauer der Pause bis zum Anheben eines nächsten Tones, also die Zeit der Schallwahrnehmung und die Zeit der (relativen) Stille. Am genauesten scheint die Zeitschätzung bei $^3/_4$ Sekunden zu sein. W. Wundt berichtet, daß auch bei Zeitlängen, die ein ungerades Vielfache von $^3/_4$ Sekunden darstellen, eine besondere Genauigkeit der Schätzung bemerkt werde, was vielleicht auf die Hilfswirkung periodischer Vorgänge im Leibe (Atmungsbewegungen, Blutwellen) zurückzuführen sei. Bei kürzeren oder längeren Zeitzwischenräumen als $^3/_4$ Sekunden ist die durch-

---

*) Kommt die Verschmelzung nicht zustande, so tritt ein „Wettstreit der Höreindrücke" ein, d. h. die Aufmerksamkeit wendet sich bald dem einen, bald dem anderen Tone zu und bringt ihn für sich zum Bewußtsein.

schnittliche Schätzung minder genau.*) Aufeinanderfolgende Töne werden nach Helmholtz nicht mehr als getrennt empfunden, wenn weniger als $^1/_{10}$ Sekunde zwischen ihrem Erklingen verstreicht. Nach Urbantschitsch genügen auch kleinere Zeitunterschiede.

Zur Zeitempfindung des Hörsinns gehören auch die Erscheinungen des Schallrhythmus. Der Schallrhythmus ist jene feste Ordnung innerhalb einer Reihe von Schällen, die sich in der Wiederkehr bestimmter Schälle und Pausen in gleichen Zeiträumen kundgibt. Der musikalische Rahmen des Schallrhythmus heißt „Takt". Bekanntlich können sowohl Ton- als auch Geräuschreihen rhythmisch geordnet auftreten, beispielsweise die sechs Töne des Schmiedemotivs in Wagners Rheingold, das Geräusch marschierender Truppen, das Knarren eines mangelhaften Mühlrades. In allen Fällen ist der Rhythmus etwas Zeitliches. Man spricht zwar auch vom rhythmischen Verlauf von Linien und Ornamenten, will aber dann den Umstand betonen, daß in gleichen Zeiten gleiche räumliche Teilstücke mit dem Auge durchlaufen werden.

Die Musik hat für die verschiedenen Rhythmen besondere Takte, deren Bildung durch die Zusammenfassung von je 2, 3, 4, 6, 8 und 12 Tönen und Pausen von gleicher Zeitlänge erfolgt. Werden Tonreihen rhythmisch eingeteilt, so gelingt es, eine viel größere Zahl von Tönen auf einmal aufzufassen, als wenn die Töne sich im ungeordneten Nacheinander einstellen. Es wird behauptet, daß man 40 Töne in einem Bewußtseinsakt zu vereinigen vermöge, wenn sie in Gruppen von je acht Eindrücken dargeboten werden. Es hat wohl jeder von uns die Erfahrung gemacht, daß wir geneigt sind, allerlei gleichmäßig abfolgende Töne oder Geräusche rhythmisch zu ordnen und zu diesem Zwecke jedem ersten, vierten, siebenten . . . oder ersten, fünften, neunten . . . Schall eine unwillkürliche Markierung zu geben. Vor dem Einschlafen auf der Eisenbahn pflegt man

---

*) Doch besteht selbst für Zeiten über eine Stunde bei vielen Menschen immer noch eine ziemlich befriedigende Schätzfähigkeit. Wenn wir uns vom Schlafe erheben, haben wir oft einen gewissen Eindruck von der Dauer des Schlafes. Geübte Personen erwachen bekanntlich zu einer bestimmten Stunde, ohne geweckt zu werden, müssen also durch irgend welche Empfindungen von Zuständen mit zeitlichen Merkmalen geleitet sein.

dem bekannten tickenden Geräusch der Räder zu lauschen und diese Schallreihen rhythmisch zu gliedern. Oft phantasiert man förmliche Musik in solche einförmige Eindrücke hinein. Die sehr zahlreichen Müllerlieder verdanken wohl der Neigung zum Rhythmieren ihre Herkunft. Diese Neigung ist nur ein Ausdruck des geheimen Willens, den dargebotenen reichen Empfindungsstoff durch ordnendes Eingreifen gedanklich zu beherrschen.

11. Die Klänge und Klangfarben.

Die Schallerzeugnisse der menschlichen und tierischen Stimme, sowie der musikalischen Instrumente sind keine einfachen Töne, sondern Klänge. Klänge entstehen, wenn zu einem vorhandenen Ton (Grundton), welcher für die Qualität des Eindrucks maßgebend ist, noch einer oder mehrere „Obertöne" mittönen. Seit Rameau (einem französischen Musiker, der im Jahre 1764 starb) wissen wir, daß beim Streichen einer Violinsaite, beim Anschlagen einer Klaviertaste, aber auch beim Singen einer bestimmten Note stets noch andere, höhere Töne im Klange enthalten sind. In diesem Punkte weisen jedoch die einzelnen Instrumente (mit denen ja auch der menschliche Stimmapparat in eine Reihe zu stellen ist) große Verschiedenartigkeiten auf, welche sich in der Empfindung als K l a n g f a r b e kundgeben. Die Klangfarbe (französisch „timbre") ist psychologisch die Empfindung eines eigentümlichen Merkmales, welches gleich hohe und starke Klangeindrücke verschiedener Herkunft unterscheidet. Sprachlich drücken wir jenes Merkmal durch die Worte dumpf, hart, weich, schrill, melancholisch, näselnd usw. aus. Derselbe Ton a klingt gesungen, gegeigt, auf der Flöte oder Trompete geblasen, sehr verschiedenartig. Ein nicht geringer Teil der Kunst des Komponisten für Orchester liegt darin, für jede musikalische Wendung die im ganzen wirksamsten Klangfarben, Mischungen und Gegensätze durch geeignete Wahl der verwendeten Instrumente hervorzubringen. Das Orchester Richard Wagners, Lißts, Berlioz', Bruckners, Richard Strauß' u. a. erreicht in diesem Punkte Effekte, die unseren Vorfahren völlig unbekannt waren.

Physikalisch gründen sich die Klangfarben, wie H. Helmholtz bewies, auf die Eigentümlichkeit der F o r m der Schwingung, welche den Schallwellen der verschiedenen Tonerzeuger zukommt, und diese Form steht mit der Zahl, Höhe und Stärke

der Teiltöne in Beziehung. Nach Helmholtz läßt sich nämlich jeder Klang in Partialtöne (Teiltöne) von verschiedener Qualität zerlegen und zwar in den qualitativ und intensiv maßgebenden Grundton und die schwächer mitklingenden Obertöne. Geübte Personen vermögen bei gespannter Aufmerksamkeit ohne künstliche Vorrichtung beim Klang c eines Violoncells zwei bis vier Obertöne herauszuhören. Bei wissenschaftlichen Prüfungen bedient man sich der abgestimmten Helmholtzschen Resonatoren (Glas- oder Metallhohlkugeln mit einer Höröffnung und einer Schallzuleitungsöffnung), mittels welcher auch Ungeübte sehr deutlich eine Reihe von Partialtönen des Saitenklanges unterscheiden. Bei den musikalisch verwerteten Instrumenten und der menschlichen Stimme zeigen sorgfältige Experimente, daß die Obertöne mit dem Grundton „konsonieren". Am wenigsten konsonant dürfte etwa der Klang des sogenannten englischen Hornes sein (welches unter anderen Wagner am Beginn des dritten Aktes von Tristan und Isolde einzeln verwendet). Auch der Oboeklang hat ein etwas schnarrendes Timbre.

Den konsonierenden Klängen entspricht die Einfachheit des Verhältnisses der Schwingungszahlen der Partialtöne. Bei der gedeckten Pfeife stellt sich dieses Verhältnis auf 1 : 3 : 5 : 7 . . ., bei der offenen Pfeife und den Saiten auf 1 : 2 : 3 : 4 . . . Bei der Klaviersaite klingt die Oktave als erster und die Quint dieser Oktave (die „Duodezime") als zweiter Oberton deutlich mit, doch sind mittels der Resonatoren noch vier weitere, sonst nicht merkliche Obertöne feststellbar. Helmholtz hat auch die wichtigsten Sprachlaute (Vokale und Konsonanten) in Partialtöne zu zerlegen unternommen, ohne freilich vollständige Auflösungen zu erreichen. Der Vokal A beispielsweise enthält den starken Oberton b_2, der Vokal E ein b_3 und f_1, der Vokal I ein kräftiges d_4 und f, der Vokal O ein b_1 und der Vokal U ein f. Einen instrumentalen Klang empfinden wir als „leer", wenn die Obertöne im Vergleiche zum Grundton sehr stark sind, als „hohl", sofern die dem Grundton nahen Obertöne oder die geradzahligen Teiltöne fehlen. Der scharfe Klang der Blechinstrumente wird auf die zahlreichen hohen Obertöne zurückgeführt.*) Durch weiche, konsonierende Obertöne ist die menschliche Stimme ausgezeichnet.

---

*) Das „Schmettern" geht auf eine bestimmte Anblaseart zurück, welche die Wandungen des Instruments erzittern macht.

Eine besondere Verwicklung erfahren die Erscheinungen der Konsonanz und Dissonanz von Klängen durch das Auftreten weiterer Begleittöne, der sogenannten Kombinationstöne. Der Physiker Sorge und der Violinvirtuose Tartini haben entdeckt, daß bei gleichzeitigem Ertönen zweier Töne ein dritter sog. Differenzton entsteht, dessen Höhe dem Unterschied der Schwingungszahlen jener Bestandtöne entspricht. Diese auch ohne Hilfsvorrichtungen ziemlich deutlich wahrnehmbaren Töne hat man wegen ihrer tiefen Lage auch Untertöne genannt.

H. Helmholtz fand ferner, daß in Klängen außerdem noch eine weitere Art von Kombinationstönen, die überaus schwachen und vergleichsweise hohen Summationstöne mitwirken, deren Schwingungen der Summe der Schwingungszahlen beider Bestandtöne gleichkommt.

12. Die Harmonie und Disharmonie.

Das Hören von unmittelbar nacheinander folgenden oder gleichzeitig aufgefaßten Tönen verschiedener Höhe, namentlich aber das Hören von Akkorden ist von einer eigenartigen Gefühlswirkung begleitet, welche man als musikalische Harmonie und Disharmonie bezeichnet. Die Harmonie ist ein Lustgefühl, die Disharmonie ein Unlustgefühl. Beide Gefühle finden sich als Begleiterscheinungen aller Arten von zusammengesetzten Sinnesempfindungen, besonders deutlich aber bei Mischgeschmäcken, bei Farbenmehrheiten und Klangvereinigungen.

Auf dem Hörgebiete ergibt sich Harmonie, wenn die vereinigten Töne oder Klänge eine leichte und vollkommene Verschmelzung in der Empfindung zulassen, Disharmonie bei Statthaben des Gegenteils. In diesem rein psychologischen Sinne wird die Erscheinung der Harmonie und Disharmonie von C. Stumpf beschrieben, welcher unter Absehen von den physikalischen Bedingungen unmittelbar das Empfindungsverhältnis der Töne oder Klänge ins Auge faßt.

Physikalisch ist die Bedingung für den Eintritt des Harmoniegefühles vorhanden, wenn die vereinigten Töne oder Klänge konsonieren; dissonierende Vereinigungen hören sich dagegen disharmonisch an. Eine Konsonanz findet, wie bereits bemerkt, in der Regel dann statt, wenn die Schwingungszahlen zweier Töne vergleichsweise einfache Verhältnisse aufweisen. (Der Kürze

halber wollen wir jetzt nur von zwei Tönen sprechen.) Am vollkommensten erwies sich diese Bedingung bei den Oktaven (1 : 2) erfüllt, minder vollkommen bei Quinten, Quarten und Terzen. Der Zweiklang a — es (eine verminderte Quint) beispielsweise klingt schon scharf dissonant und disharmonisch, ja der große Symphoniker Anton Bruckner bezeichnete ihn sogar als „diabolisch". Ebenso sind die Zweiklänge c—d (Sekunde) und c – h (Septime) ausgesprochen dissonierend. Um verständlich zu machen, warum gerade die dissonierenden Ton- und Klangvereinigungen als disharmonisch empfunden werden, verweist H. Helmholtz auf die schon erwähnten Schwebungen, welche je nach Zahl und Aufdringlichkeit den Gesamteindruck rauh, unrein und unruhig erscheinen lassen. Am peinlichsten wirken erfahrungsmäßig 33 Schwebungen in der Sekunde; finden beträchtlich weniger oder mehr Schwebungen statt, so verschwimmen sie in der Klangfarbe und verlieren ihre störende Wirksamkeit. — Fehlen dagegen die Schwebungen ganz oder sind sie zu wenige beziehungsweise zu viele, um sich in der Empfindung geltend zu machen, so ergibt sich aus dem Zusammenwirken der Wellenzüge eine mehr oder minder vollendete Konsonanz, die als Harmonie zum Bewußtsein kommt. Daß diese Theorie Helmholtz' nicht eine psychologische Erklärung, sondern eine Beschreibung der dem Harmoniegefühl zugeordneten physikalischen Vorgänge bedeutet, ist augenfällig. Auch hat man dieser Lehre vorgeworfen, daß sie zwar den Bedingungen der Disharmonie, aber nicht jenen der Harmonie befriedigend Rechnung trägt.

Vor Helmholtz pflichteten die meisten Gelehrten der Ansicht des berühmten Mathematikers Leonhard Euler (gestorben im Jahre 1783) bei, welcher lehrte, daß die Harmonie ein unmittelbares Wohlgefallen an den einfachen Zahlenverhältnissen der Schwingungen sei, während die gestörte Einfachheit mißfalle. (So hatte übrigens schon die Schule der Pythagoreer im Altertum gedacht.) Allein der Eulerschen Meinung ist entgegenzuhalten, daß der ungelehrte Mensch von jenen Zahlenverhältnissen keinerlei Kenntnisse habe, gleichwohl aber Harmonien und Disharmonien fühle.

Höchstens kann aus jener Lehre die Vermutung abgeleitet werden, daß die Einfachheit der Schwingungsverhältnisse einen leichten und gewissermaßen vollkommenen Ablauf der Erregungen

im Cortischen Organe begünstige, was das angenehme Begleitgefühl besser verständlich zu machen scheint.*)

Unter den zeitgenössischen Fachleuten findet der Erklärungsversuch von Wilhelm Wundt vielfach Anerkennung. Wundts Lehre führt zur Anschauung, daß die Harmonie in der Luft über das Zusammenfallen gleicher Obertöne der verschiedenen Grundtöne bestehe. Je mehr Obertöne gleich seien, desto größer sei die „Klangverwandtschaft“ der Grundtöne (was bei der Oktave am vollkommensten zutreffe) und das Maß dieser Verwandtschaft entspreche der Entschiedenheit der harmonischen Wirkung. Die Disharmonie wäre demnach aus einem Mangel zu erklären, ein Umstand, der zu mehrfachen Zweifeln Anlaß gegeben hat.

Bei Geräuschen können wir nur uneigentlich von Harmonie und Disharmonie sprechen. Die unangenehmen Geräusche sind jedenfalls zahlreicher. Peinlich wirken auf manche Personen Mischempfindungen, wie das Kratzen beim Radieren, Bleistiftspitzen oder Schreiben mit steiniger Kreide, oder auch das Knarren von Türen, wobei jedenfalls lebhaft eingebildete Hautempfindungen eine Rolle spielen. Die Beziehung von Hörsinn und Wille äußert sich in dem zwangsmäßigen Zusammenfahren bei seltsamen Schällen in der Nähe, bei mechanischen Verrichtungen infolge von Höreindrücken (z. B. das Ausweichen bei bloß gehörten Wagen), endlich auch in den zahllosen bewußten Handlungen, die sich an Hörwahrnehmungen knüpfen.

13. Die Sinnestäuschungen des Hörsinns. Abschließende Bemerkungen.

Der Hörsinn weist sowohl Nachempfindungen als Kontrasterscheinungen auf, freilich minder deutliche und zahlreiche als der Gesichtssinn. Jedermann weiß, daß starke Schälle im Ohre noch nachklingen, wenn auch die Schallquelle bereits verstummt ist, ferner, daß nach voller Stille (des Nachts) ein Schallreiz

*) Prof. Reclam (Leib d. Menschen, S. 333) erzählt von Taubstummen, welche behaupteten, bei einfacher Musik in der Zwerchfellgegend angenehme leibliche Gefühle zu verspüren — eine Angabe, deren Glaubwürdigkeit nicht außer Zweifel steht. Doch kann der Verfasser aus seiner Erfahrung berichten, daß er bei sehr wirkungsvoller Musik oft eine Art lustvollen Schauers über den Rücken empfunden habe.

verstärkt wird. Aber auch eine besonders wirksame Stille nach intensiven Schällen kann beobachtet werden, z. B. die Generalpausen in aufgeregten Tonstücken. Das bekannte Ohrensausen oder Ohrklingen, das peinlich starke Nachempfinden und ähnliche Vorkommnisse weisen auf Störungen im Organ zurück. Von Irrtümern in der Schätzung der Schallrichtung haben wir Erwähnung getan. Was endlich die merkwürdigen Beziehungen zwischen Tönen und Farben anlangt, so verweisen wir auf das nächste Kapitel.

Noch eine allgemeine Bemerkung sei beigefügt. Wie wichtig das Stück des Weltbildes ist, das uns der Hörsinn vermittelt, wird uns erst klar, wenn wir die Folgen des Taubgeborenseins in Erwägung ziehen. Das Vermögen der Lautsprache ist vom Hören abhängig, und mit der Sprache verknüpft sich eine ungeheure Fülle von Wissensvermittlung: Es gibt Fachleute, welche das Übel der Taubstummheit psychologisch erheblicher finden als selbst die Blindheit. Jedenfalls ist uns das Hören für die Lebenserhaltung, die geistige Entwicklung und den künstlerischen Genuß von unschätzbarem Wert, so daß wir allen Grund haben, diesen Sinn dauernd gesund zu erhalten und nach Kräften weiter auszubilden.

VI. Kapitel.

Der Sehsinn.

1. Das Sinnesgebiet.

Der Sehsinn vermittelt uns die Empfindungen von Licht und Farbe.

Die Modalität Licht wird nie für sich allein wahrgenommen, da jedes Licht der Natur eine bestimmte Farbe besitzt. Wenn wir im täglichen Leben vom farblosen Tageslicht sprechen, so meinen wir gewöhnlich das (annähernd) weiße Licht der Sonne. (In diesem Zusammenhange gebrauchen wir offenbar das Wort „farbig“ in einem engeren Sinne als die Wissenschaft, nämlich für die sogenannten bunten Farben mit Ausschluß von Weiß und Schwarz.) Gleichwohl ist es gerade für die Lehre von den Sinnen von Vorteil, die Erscheinung „Licht“ zunächst für sich zu behandeln und vom Merkmale der Farbigkeit abzusehen.

Wir wissen, daß die Sprache nur recht unbestimmt die Lichtqualitäten „Hell" (oder „Licht") und „Dunkel" unterscheidet und einige Mittelstufen mit Düster, Dämmerig, clair-obscur usw. bezeichnet. Eine gewisse sprachliche Armut an Lichtqualitätsnamen ist unverkennbar. Das Wort „Helligkeit" weist bei näherer Untersuchung seiner Anwendungen einen zweifachen Sinn auf, indem es sich sowohl auf die Qualität des Lichts und der Farben als auch auf die Intensität der Gesichtseindrücke bezieht, wovon noch die Rede sein soll. Was die Intensität oder Stärke des Lichts anlangt, so hat die Physik seit langem sich bemüht, eine feste Maßeinheit für Lichtstärken zu begründen. Eine solche Maßeinheit war die Lichtmenge, welche eine „Normalkerze" (in Deutschland eine Paraffinkerze von 20 mm Durchmesser und 50 mm Flammenhöhe) ausstrahlte. Seit dem Elektriker-Kongreß von Paris im Jahre 1884 hat man ziemlich allgemein die Lichtausstrahlung von 1 ccm geschmolzenen Platins, welches eben erstarrt, als Einheit angenommen, doch stehen auch noch andere Maßgrundlagen, z. B. das Licht der sogen. Hefnerlampe, in praktischer Verwendung. Bei der Hefnerlampe bildet die Lichtstärke einer 4 cm hohen Amylazetatflamme die Maßeinheit.

In Hinsicht der räumlichen Bestimmtheit ist der Gesichtssinn der entwickeltste. Dieser Sinn vermittelt uns die Wahrnehmungen von Ausdehnungen und Entfernungen, von Flächen und Körpern, endlich auch von Bewegungsvorgängen in weit vollkommenerer Weise als der Druck- und Zugsinn und die übrigen Sinne.

Die zeitliche Bestimmtheit der Sehempfindungen besteht in ihrer Dauer. Mit Hilfe sorgfältiger mechanischer Vorrichtungen ermöglicht gerade der Sehsinn auch äußere Zeitmessungen von höchster Feinheit und Ausgedehntheit.

Eine reiche Welt von Erlebnissen bieten endlich die Farbenerscheinungen dar. Die Modalität Farbe hat als Qualitäten die einzelnen Farbentöne, z. B. Rot, Gelb, Blau, Weiß, Schwarz usw. Die Nuancen (feineren Abstufungen) innerhalb dieser Qualitäten nennt man auch Sättigungsgrade. Über die Ähnlichkeitsbedingungen, Zahl, Einfachheit oder Gemischtheit der Farben usw. werden wir in der Folge ausführlich zu handeln haben. Vorerst sei in Kürze das Organ des Sehsinns besprochen.

2. Das Gesichtsorgan.

Das Organ des Sehsinns ist bekanntlich das Auge, von dessen Zuständen der Sehnerv (nervus opticus) dem Sehzentrum an der Hirnbasis und im Hinterhauptshirn Nachrichten übermittelt.*)

Von physiologischer Wichtigkeit sind namentlich die feinen Häute, die das Auge umgeben. Wir erwähnen von ihnen die folgenden: 1. die Lederhaut, welche über der Pupille durchsichtig ist und dort Hornhaut heißt; 2. die Aderhaut, deren farbiger Teil nächst der Pupille als Iris oder Regenbogenhaut bezeichnet wird, und 3. die Netzhaut oder Retina, die auf der inneren Seite der Aderhaut aufliegt und die auslaufenden Fasern des Sehnerven birgt. Im Innern des Augapfels befindet sich eine zähe, durchsichtige Flüssigkeit, der sogenannte Glaskörper, welcher gegen die Pupille hin durch eine kristallklare Linse abgeschlossen wird. Die Linse besteht aus zwiebelähnlich geschichteten Häuten und ist an der Innenseite gewölbter als an der Außenseite. Das Aufhängeband der Linse (Zonula Zinii) kann durch den sogenannten „Ziliarmuskel" angezogen werden, wodurch sich eine Verflachung der Linse ergibt; wird das Aufhängeband erschlafft, so tritt eine Ausbauchung der Linse ein. Eine sinnreich angeordnete Muskulatur ermöglicht es ferner, die Pupille bei starkem Lichtreiz reflektorisch zu verengern, bei schwachem Lichtreiz zu erweitern und damit den Lichteinfall in das innere Auge zweckmäßig zu regulieren. Die gegenseitige Lage aller dieser Teile versinnbildlicht die nachstehende Fig. 14.

Der für die Vermittlung des äußeren Reizes wichtigste Teil des Auges ist die Netzhaut oder Retina (Dicke 0,1—0,4 mm).

---

*) Wichtige Werke über das Gesichtsorgan und das Sehen: Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik, 2. Aufl., Hamburg 1886 ff.; Aubert, Physiologie der Netzhaut, Breslau 1864, und Physiol. Optik in Gräfe-Sämisch' Handbuch der Augen-Heilkunde, Leipzig 1874 ff.; Classen, Physiologie des Gesichtssinns, Braunschweig 1876; Hering, Zur Lehre vom Lichtsinn, Wien 1878, und Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges in Hermanns Handb. d. Physiologie, III. Bd., Leipzig 1879; Tigerstedt, Lehrb. d. Physiologie, 2. Bd, Leipzig 1898, S. 162 ff.

Die Psychologie des Sehens behandelt: Höfler, Psychologie, S. 108 ff. Den Anfängern im Experimentieren sei besonders empfohlen: Höfler-Witasek, Hundert psychologische Schulversuche, Leipzig 1903, § 24.

Sie weist nach Henle etwa zehn Schichten auf, deren innerste (dem Glaskörper zugewendete) Schicht aus den verästelten Endfasern des Sehnerven besteht (Fig. 15, 2). Die äußerste (der Aderhaut zugewendete) Retinaschicht wird durch mosaikartig nebeneinander stehende Stäbchen und Zäpfchen gebildet (Fig. 15, 9), welche den eigentlich lichtempfindlichen Teil darstellen. Merkwürdigerweise ist mithin die empfindliche Schicht

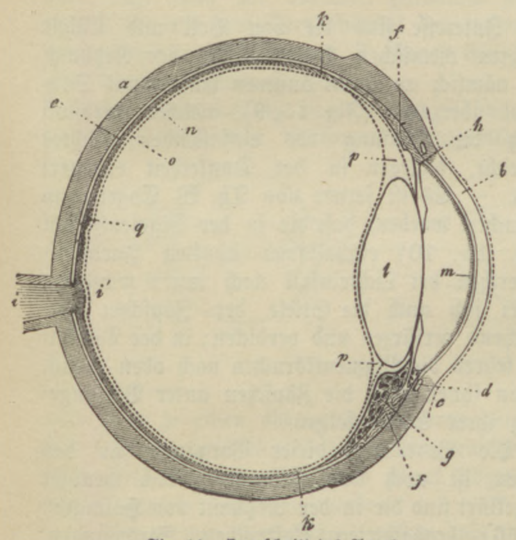


Fig. 14. Querschnitt des Auges.

a Lederhaut; *b* Hornhaut; *c* Bindehaut; *d* Ader der Hornhaut; *e* Aderhaut; *f* Ziliarmuskel; *g* Ziliarfortsatz; *h* Iris (oft bräunlich od. bläulich, die „Farbe" des Auges bestimmend); *i* Sehnerv; *i'* blinder Fleck; *k* Auslauf der Netzhaut; *l* Linse; *m* Descemetsche Haut; *n o* Netzhaut; *p* Petitscher Kanal; *q* gelber Fleck.

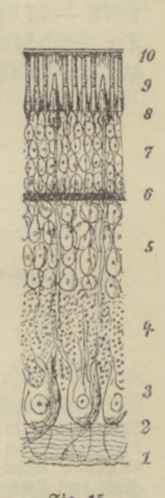


Fig. 15. Querschnitt der Netzhaut.

der Netzhaut dem Lichte abgewendet, und der Lichtstrahl muß erst die (allerdings wasserhellen) Nervenfasern-, Körner- und Ganglienschichten passieren, bis er an die Stelle seiner Reizwirkung gelangt. Hinsichtlich des Nervenverlaufes innerhalb der Netzhaut hat der schon genannte Physiologe Cajal folgendes gefunden: Die Stäbchen (Fig. 16, 1) enden in Knoten (3), welche von den aufsteigenden Nervenästchen der Zellen der inneren Körnerschicht (4) umklammert werden. Dieselben Zellen

senden absteigende Nervenästchen (5) aus, welche die Ganglienzellen (6) berühren. Aus den letzteren treten die eigentlichen Sehnervenfasern (7) aus. — Die Zäpfchen (1) enden in kurzen, wagrecht ausgebreiteten Fasern (3), mit welchen sich die aufsteigenden Nervenästchen der („bipolar" genannten) Zellen berühren. Die absteigenden Fasern stellen die Verbindung mit den Ganglien und dem Sehnerven-Faserzug her.

Von großem Interesse sind die von Boll und Kühne 1876—77 erforschten chemischen Vorgänge in der Netzhaut. Die Stäbchen sind nämlich an ihren äußeren Enden mit Sehpurpur oder Sehrot überzogen (Fig. 15, 9), welcher Farbstoff durch die Wirkung des einfallenden Lichtes gebleicht, dagegen in der Dunkelheit erneuert wird. — Es ist ferner von Th. W. Engelmann beobachtet worden, daß die in der Pigmentschicht (Fig. 15, 10) enthaltenen dunklen Farbstoffkörperchen bei Lichteinfall nach innen wandern, wobei sich auch die Stiele der Zäpfchen entsprechend verkürzen und verdicken; in der Dunkelheit kehren die Pigmentkörnchen nach oben zurück, wohin ihnen auch die Zäpfchen unter Verlängerung ihrer Stiele folgen.

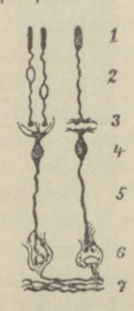


Fig. 16. Nervenverlauf in der Netzhaut nach Ramon y Cajal (links zwei Stäbchen, rechts ein Zäpfchen).

Die Bedeutung dieser Vorgänge für das Sehen ist noch nicht erkannt. Noch weniger aufgeklärt sind die in der Netzhaut von Holmgren (1866) beobachteten elektrischen Strömungen, welche je nach der Belichtung sich verändern.

Auf der im ganzen rötlich gefärbten Hinterwand sind, wenn man mit dem Augenspiegel in das Auge hineinblickt, zwei deutliche Flecken zu bemerken. Der eine von ihnen befindet sich unmittelbar gegenüber dem Pupillenloch und heißt wegen seiner Farbe der „gelbe Fleck". In seiner Mitte ist eine kleine Vertiefung, die „Netzhautgrube", zu sehen, welche erwiesenermaßen der licht- und farbenempfindlichste und zugleich zäpfchenreichste Teil der Netzhaut ist. Wenn keine Hindernisse obwalten, wird das Auge beim Sehen stets automatisch so gedreht, daß das durch die Pupillenmitte einfallende Bild geradewegs auf die Grube gelangt, was man „Fixieren" oder „direktes Sehen" nennt.

Der zweite Netzhautfleck heißt „weißer" oder „blinder" Fleck und ist für Lichteindrücke unempfindlich. Der blinde Fleck ist nämlich jene Stelle, wo die Sehnervenfasern das Auge verlassen und hierbei das Stäbchen- und Zäpfchenmosaik durchbrechen. (Der Faserzug des Nerven selbst ist aber durch Licht nicht erregbar.) Von diesem Flecke wird noch die Rede sein. Der Sehnerv jedes Auges verläuft nach seinem Austritt aus dem Auge nach der vorderen Hirnbasis und kreuzt sich dort zum Teile mit dem Nervenbündel des anderen Auges nach Art des griechischen Buchstabens *X* (sprich Chi), wovon jene Stelle den Namen „Chiasma" hat.

Zur Beschreibung des Organs sei noch hinzugefügt, daß das Auge sechs sehr vollkommen ausgebildete Muskeln besitzt,

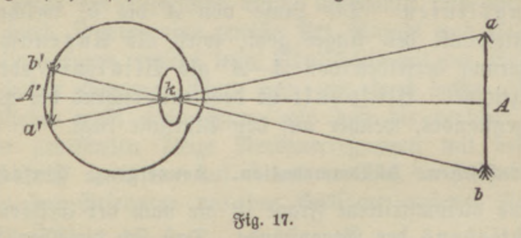


Fig. 17.

und zwar je einen oberen und unteren geraden, einen inneren und äußeren geraden und zwei schräg ansetzende Muskeln. Mit ihrer Hilfe können rasche und scharf abgemessene Bewegungen des Augapfels vollzogen werden.

Bevor wir fortfahren, wollen wir noch einige wichtige Fachausdrücke kurz erläutern, um sie in der Folge gebrauchen zu können, ohne mißverstanden zu werden. Jener Raum, welchen ein unbewegtes Auge (bei ruhigem Kopfe) geradeaus blickend übersieht, heißt Sehfeld; dagegen nennen wir Blickfeld den mit einem bewegten Auge fixierten Raum, Gesichtsfeld den mit einem bewegten Auge überhaupt sehbaren Raum. Offenbar ist das Gesichtsfeld das weitest ausgedehnte, das Sehfeld das beschränkteste Feld, welches sich einem Auge darbietet. Alle diese Felder erweisen sich bei experimenteller Untersuchung als annähernde Kugelflächen.

Zum Zwecke des besseren Verständnisses des Sehvorganges pflegt man sich wie in Fig. 17 einen einfachen Gegenstand (Pfeil *a b*) zu zeichnen und den Verlauf des Lichtstrahls vom

obersten (*a*), mittleren (*A*) und tiefsten Punkte des Objektes (*b*) bis zur Netzhaut durch Linien anzuzeigen. Der Objektpunkt *a* bildet sich hiernach bei *a'*, der Objektpunkt *b* bei *b'* auf der Netzhaut ab. Der Punkt *A* entspricht dem Bilde in *A'*. Lichtstrahlen aus *a* und *b*, welche nicht nach dem Knotenpunkte (*k*) der Linse gerichtet sind*), sondern in anderer Richtung eintreffen, werden durch die Hornhaut und die Linse (wohl auch durch den Glaskörper) gebrochen und nach *a'* und *b'* abgelenkt (in *a'* und *b'* „gesammelt"). Wie die Zeichnung zeigt, bilden sich sonach die Gegenstände der Außenwelt auf der Netzhaut verkleinert und verkehrt ab, wovon noch die Rede sein wird. Die Linien *a—a'*, *A—A'* und *b—b'*, welche von einem Objekt aus bis zur Netzhaut gezogen gedacht werden, heißt man Richtungslinien. Die Linie von *A* bis *k*, welche durch den Mittelpunkt des Auges geht, wird als Augenachse, die Verlängerung derselben von *A—A'* als Blicklinie oder Sehachse bezeichnet. Blickpunkt ist dem entsprechend der Punkt *A* des Gegenstandes, welcher auf der Blicklinie liegt.

3. Aufrechtsehen. Akkommodation. Konvergenz. Einfachsehen.

Eine vielumstrittene Frage ist die nach der Erklärung des Aufrechtsehens der Gegenstände. Daß sich dieselben verkehrt auf der Netzhaut abbilden, kann man mit dem Helmholtzschen Augenspiegel direkt beobachten. Der Augenspiegel ermöglicht nämlich dem Arzte, durch die Pupille des Untersuchten auf dessen Netzhaut zu blicken, wo sich kleine leuchtende Objekte wie auf einer photographischen Platte deutlich zeigen. Auch an frisch ausgeschnittenen Augen weißer Kaninchen konnte man die verkleinerten, verkehrten Bildchen durch die Netzhaut durchschimmern sehen. — Trotzdem erblicken wir aber die Dinge aufrecht, so wie sie uns auch der Tastsinn zeigt. Zur Erklärung dieses Umstandes behaupten einige ältere Forscher, daß das Bild auf dem Wege nach dem Gehirn abermals umgewendet werde, dort also in richtiger Stellung anlange; andere meinten, daß wir zwar die Bilder verkehrt empfänden, aber vermöge der (frühzeitig eintretenden und fortdauernden) Be-

*) Man hat in der Linse zwei sehr nahe hintereinander gelegene Kreuzungsstellen oder Knotenpunkte festgestellt, bedient sich jedoch zur Vereinfachung der Darstellung des Strahlenverlaufes allgemein eines gedachten mittleren Punktes zwischen jenen beiden.

richtigung unserer Wahrnehmung durch die Tastsinnachrichten gewöhnt seien, das Gesehene richtig zu deuten. Die meisten heutigen Forscher nehmen an, daß infolge einer gegebenen Einrichtung unseres Sinnesapparates vom Sehzentrum aus die Eindrücke gerade so nach außen projiziert (hinausverlegt) werden, wie die betreffenden Strahlen einfallen, so daß rechtsseitige Reize in die Außenwelt nach links, oberseitige nach unten usf. verlegt werden, weswegen das Objekt umgekehrt wie das Netzhautbild, also aufrecht erscheine. — Diese neuere Lehre ist jedoch offenbar nur eine wiederholende Beschreibung des Tatbestandes und keine eigentliche Erklärung seines Zustandekommens. Alle derartigen Erklärungsversuche übersehen den Umstand, daß nach der Zentralstelle im Gehirn weder ein verkehrtes, noch ein aufrechtes Bild, überhaupt kein Bild übermittelt wird, sondern eine gewisse Art, Anzahl und Stärke von Nervenerregungen, welche keine Ähnlichkeit mit der Gestalt der Dinge haben können. Man kann und darf daher über das Aufrechtsehen nicht mehr sagen, als daß die verkehrt auf der Netzhaut geordneten Reize Nervenerregungen mit bestimmten „Lokalzeichen" auslösen, auf Grund welcher die räumliche Anordnung des Gesehenen mit den Aussagen anderer Sinne im Einklang steht.

Eine wichtige Nutzeinrichtung des Auges ist das Vermögen der Akkommodation (untersucht von Kepler 1611 und Scheiner 1619). Man versteht darunter die Anpassung des Sehorganes an die verschiedenen Entfernungen der Gesichtsobjekte. Die Objekte werden, wie aus Fig. 17 zu verstehen ist, nur in dem Falle deutlich gesehen, wenn ihre Bilder auf die Netzhautfläche, nicht hinter oder vor dieselbe fallen. Infolge ererbter und geübter Naturanlage wird nun die Linse beim Nahesehen mehr nach außen gewölbt, um die Strahlen stärker zu brechen, dagegen beim Weitsehen verflacht, was die Strahlenbrechung mindert. So kommt es, daß Bilder, welche ohne dieses Wölben und Verflachen vor oder hinter die Netzhaut fallen würden, auf die lichtempfindliche Fläche verlegt werden. Wenn gerade kein bestimmtes Objekt fixiert oder ein ferner Gegenstand angeblickt wird, verbleibt die Linse in ihrer natürlichen Flachheit, welche (nach Helmholtz) durch eine andauernde Spannung des Aufhängebandes erhalten wird. Beim Wölben der Linse findet eine Entspannung des Aufhängebandes durch

besondere Ziliarmuskeln statt. Natürlich kann die Akkommodation nur innerhalb gewisser Grenzen vollzogen werden. Treten die Objekte näher als etwa 10—15 cm vor das normale („emmetropische") Auge, so kann auch angestrengtes Akkommodieren kein deutliches Bild mehr erzielen. Diese Entfernung von durchschnittlich 12 cm heißt „Nahepunkt"; der Fernpunkt (der weiteste akkommodierbare Abstand) liegt beim normalen Auge in unendlicher Weite (z. B. in einem Fixstern); doch scheint schon bei 8—10 m fernen Objekten eine eigentliche Akkommodationstätigkeit nicht mehr stattzufinden. Bei den sogenannten „kurzsichtigen" Augen liegt der Nahepunkt etwa 7 cm, der Fernpunkt 15 cm, bei „Weitsichtigen" der Nahepunkt etwa 30 cm, der Fernpunkt in unendlich weitem Abstande vom Auge.

Bei dieser Gelegenheit seien einige Bemerkungen über häufige Mängel des Sehorganes eingeschaltet. Kurzsichtige („myopische") Augen sehen gut in die Nähe, schlecht in die Ferne und leiden an dem Mangel einer zu langen Augenachse (Fig. 17 $A'—k$), d. h. der Augapfel ist zu lang nach rückwärts ausgezogen im Verhältnisse zur Strahlenbrechung. Bei kurzsichtigen Augen liegen die Bilder weiter Objekte vor der Netzhaut und gelangen in Form zerstreuter Kreise auf die empfindliche Schicht, so daß sie nur undeutlich aufgefaßt werden. Kurzsichtige Personen tragen konkave Brillen (mit auf beiden Seiten nach innen gekrümmten Flächen), durch welche die eintreffenden Strahlen auf die Netzhaut übergeleitet werden. Weitsichtige (presbyopische, greisenhafte) Augen sehen in der Nähe schlecht, weil die akkommodierenden Muskeln ihre Elastizität verloren haben. Durch Konvexbrillen (mit auf beiden Seiten nach außen gekrümmten Flächen) wird diesem Mangel abgeholfen und das Bild an die richtige Stelle gerückt. Manche Personen sind „übersichtig" (hypermetropisch), d. h. sie sehen sowohl in die weite Ferne als in die unmittelbare Nähe schlecht, weil ihre Augenachse zu kurz (ihr Augapfel gequetscht) ist. Bei Übersichtigen fallen die Bilder hinter die Netzhaut und erscheinen auf dieser nur verschwommen. Solche Personen bedienen sich gewisser Konvexbrillen, welche die Lichtstrahlen auf die Netzhaut sammeln (vorrücken). Schwachsichtige (asthenopische) Menschen haben Augen, die infolge verschiedener Mängel rasch ermüden und schmerzhaft werden.

Während die Akkommodationsfähigkeit jedem Auge als Organ

für sich zukommt, bezieht sich die Tätigkeit der **Konvergenz** auf die Stellung beider Augen zueinander. Unter Konvergenz verstehen wir jene Richtung beider Augenachsen, bei welcher sich die Blicklinien (Fig. 16 A'—A) in dem fixierten Punkte des Gegenstandes schneiden. Das Bild des angeblickten Punktes gelangt in diesem Falle auf die beiderseitigen Netzhautgruben (also auf die empfindlichsten Stellen) und wird dann einfach (nicht doppelt) gesehen. Es wirkt also die Konvergenz mit der Akkommodation zur Verdeutlichung der Gesichtseindrücke zusammen.

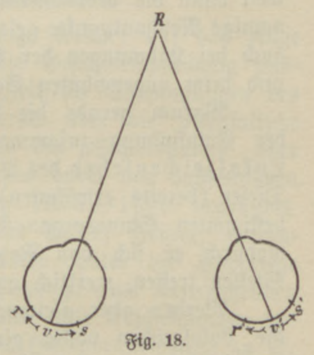


Fig. 18.
Konvergenz. Gegenstand R.

Die nebenstehende Zeichnung (Fig. 18) soll die Konvergenz verständlich machen. Beide Augen erscheinen so gedreht, daß das Bild des äußeren Punktes R auf die beiderseitigen Netzhautgruben (v, v') fällt, und die Richtungslinien vR, $v'R$ sich im Objekte schneiden. Die Netzhautgruben in beiden Augen, sowie alle von jener Grube (b) gleichweit in gleicher Richtung abstehenden Punkte heißen in der Physiologie gleichnamige, korrespondierende oder identische. Die Punkte r und r' sind gleichnamige, weil die Abstände vr und $v'r'$ gleichgroß sind. Ebenso sind s und s' korrespondierende Stellen. Wenn infolge Konvergenz gleichnamige Stellen beider Netzhäute gleichzeitig gereizt werden, so wird das Objekt **einfach** gesehen (obwohl von ihm zwei Bilder entstehen). Dagegen tritt bei Erregung ungleichnamiger Punkte Doppeltsehen des Gegenstandes ein. Eine unabsichtlich wirkende Neigung geht dahin, die Augen nach Möglichkeit stets so zu richten, daß identische Stellen erregt und sohin einfache Bilder produziert werden. Ob die Fähigkeit des Konvergierens einer angeborenen Anlage entspringt („nativistischer" Standpunkt) oder im Laufe des Einzellebens durch Erfahrungen über das deutlichste Sehen erworben wird („empiristischer" Standpunkt), ist eine wissenschaftliche Streitfrage. Es ist wohl sehr wahrscheinlich, daß die im Laufe der Stammesgeschichte des Menschen herausgebildete, erbliche Anlage durch die Erfahrung des einzelnen entwickelt

wird. Unter gewöhnlichen Umständen fallen nur die im Konvergenzpunkte gesehenen Objekte in den Bereich der Aufmerksamkeit, so daß der Beschauer die vielen anderen offenbar doppelt erscheinenden Gegenstände nicht bemerkt. Akkommodiert man aber absichtlich auf einen fernen Punkt (z. B. Papierstreifen) und läßt die Augenachsen unverändert auf einen näheren Punkt konvergiert (z. B. auf einen Finger nahe vor den Augen), so erscheint das fernere Objekt (der Papierstreifen) doppelt, weil dann die beobachteten Bilder dieses Objekts auf ungleichnamige Netzhautpunkte gelangen. Das Doppeltsehen tritt ferner auch bei Lähmungen der Augenmuskeln, beim seitlichen Sehen und beim ungewohnten Schielen ein.

Warum gerade die korrespondierenden Netzhautstellen in der Empfindung zusammenfallende Bilder liefern, macht die Lokalzeichenlehre des Physiologen Hermann Lotze verständlich. Dieser (bereits erwähnten) Lehre zufolge weist der Reiz einer bestimmten Sinnesorgan-Stelle ein räumliches Merkmal auf, wodurch er sich von Reizen, welche andere (nicht zu nahe) Stellen treffen, merklich unterscheidet.

Werden aber gleichnamige Netzhautstellen gereizt, so sind die Lokalzeichen völlig gleich und die Bilder räumlich nicht unterscheidbar, weshalb sie einfach erscheinen. Bei Reizung ungleichnamiger Stellen führt die Verschiedenheit der beiden Lokalzeichen zum Unterscheiden zweier Bilder, d. h. zum Doppeltsehen. Der Physiologe Hering hat im Jahre 1861 das Verhältnis der beiden Netzhäute dahin beschrieben, daß sie unter gewöhnlichen Umständen wie zwei Hälften eines einzigen Auges, das an der Nasenwurzel läge, zusammenwirken (also wie ein „Zyklopen"-Auge).

Die Objektpunkte, welche (infolge ihrer Abbildung auf gleichnamigen Netzhautstellen) einfach gesehen werden, können zu einer Fläche verbunden gedacht werden. Diese Fläche bezeichnete man als „Horopter" oder Sehkreis. Der Horopter ist je nach der Einstellung der Augen auf Nahes oder Fernes eine Kugelfläche oder eine fast senkrechte Ebene. Bei ungleichartigen Augenstellungen kann der Horopter auch eine unregelmäßig vertiefte Fläche sein. Näher auf diesen schwierigen, wenngleich wissenschaftlich wichtigen Begriff einzugehen, läge außerhalb unserer Aufgabe.

Es ist oftmals die Frage aufgeworfen worden, wozu wir überhaupt zwei Augen besitzen, da wir doch mit einem Auge

auskommen könnten? Die Frage erledigt sich mit dem Hinweis auf folgende Vorteile des Sehens mit zwei Augen: Das zweimalige Sehen ermöglicht die Verbesserung des etwaigen Fehlers eines der beiden Augen, vergrößert ferner das Gesichtsfeld, vermittelt uns (wovon wir später sprechen) den plastischen Eindruck der Gegenstände und erleichtert endlich auch die Entfernungs- und Größenschätzung der gesehenen Dinge.

4. Der Licht- und Farbenreiz.

Als den physikalischen Vorgang, welcher auf das Auge als zugeordneter Reiz wirkt und die Gesichtsempfindung auslöst, sah man bis in die neueste Zeit die Schwingungen des elastischen Äthers an. Diese Theorie über die physikalische Natur des Lichtes, welche man als die „Schwingungs- oder Undulationstheorie" bezeichnete, wurde durch den holländischen Physiker Huyghens in den Jahren 1678—1690 begründet. Die Naturforscher und Mathematiker Euler, Young, Fraunhofer, Foucault und Fresnel bildeten später die Hypothese (wissenschaftliche Annahme) des Huyghens zu einer weitreichenden Theorie aus, welche den Vorteil hatte, alle Erscheinungen des optischen Gebietes aus einer einzigen Hilfsvoraussetzung zu erklären, nämlich aus fortschreitenden Transversalwellen eines elastischen Äthers.*) Als Geschwindigkeit dieser Lichtwellenbewegung werden 312000 km in der Sekunde (bei trockener Luft und 0° Temperatur) angegeben, als Schwingungszahl 400—800 Billionen**), als Länge der Wellen 800—400 Milliontel mm.

Bis Ende des achtzehnten Jahrhunderts wurde von vielen namhaften Gelehrten eine andere Theorie des Lichtes für die richtige gehalten, nämlich die sogenannte Emissions- oder Ema-

---

*) Über die Lehre vom Lichte und den Farben (Die „Optik") vgl. Reis, Lehrb. d. Physik, Leipzig 1893, S. 343—489. — Das Existieren eines Äthers, d. i. einer feinen (so gut wie unwägbaren) Substanz von elastischer Beschaffenheit, ist freilich nicht unmittelbar beweisbar, stellt sich aber als eine zur Erklärung zahlreicher physikalischer Erscheinungen unentbehrliche Hilfsannahme dar.

**) Hat sich der Leser eine Vorstellung von einer Billion gemacht? Eine Billion ist eine Million mal eine Million oder 1000000000000 Einheiten. Mit der Hand kann man 2—3 Schwingungen in der Sekunde machen, die Schallwellen entsprechen 8—40000 Schwingungen, das violette Licht macht 800 Billionen Schwingungen!

nationstheorie des unsterblichen Isaac Newton (veröffentlicht im Jahre 1704). Newton dachte sich das Licht als einen sehr feinen Stoff, den die sichtbaren Körper ausschicken (emittieren oder emanieren), ähnlich wie die riechbaren Körper ihre Gase. Trotz der Ausbildung, welche diese Lehre von den Naturforschern Laplace und Brewster erfahren hat, gilt sie heute für überwunden, da mittels derselben nur ein Teil der Erscheinungen erklärbar ist.

In allerjüngster Zeit ist man jedoch auch über die Huyghenssche Annahme einer elastischen Kraft des Äthers hinausgegangen. Der Engländer Maxwell und der Deutsche H. Hertz haben nämlich eine neue elektromagnetische Lichttheorie aufgestellt, derzufolge die Lichtstrahlen als außerordentlich rasche elektrische Schwingungen, die von magnetischen Schwingungen begleitet werden, zu denken sind. Die allgemeine Anerkennung dieser theoretisch sehr vollkommenen und auch durch Versuche sicher gestützten Lehre ist nur eine Frage der Zeit. Indem auch die elektromagnetische Grundauffassung von der Natur des Lichtes auf stoffliche Schwingungen, die sich zu fortschreitenden Wellen reihen, zurückgeht, läßt sie die eigentliche Beschreibung der Erfahrungstatsachen des Sehsinnes-Gebietes unverändert.

Die Schwingungstheorie des Lichtes liefert auch eine allseitig befriedigende Erklärung der physikalischen Natur der Farben, welche auf die Verschiedenheit der Schwingungszahl oder der (mit ihr in Beziehung stehenden) Wellenlänge der Lichtwellen zurückgeführt werden.

Der ungelehrte Mensch hält die Farbe (z. B. das Rot eines Apfels) wenn nicht etwa für einen Überzug oder einen eingelagerten Stoff, so doch jedenfalls für eine am Dinge haftende Beschaffenheit. Der Physiker verbessert diese Anschauung dahin, daß er die Farbigkeit als das Vermögen eines Körpers, Lichtstrahlen von gewisser Schwingungszahl zurückzuwerfen, erklärt. Um eine solche, auf den ersten Blick befremdliche Lehre zu verstehen, bedürfen wir der Kenntnis folgender Tatsachen der Physik.

Aus sehr scharfsinnigen Untersuchungen hat sich ergeben, daß die Verschiedenheit der Farben einer Verschiedenheit der Schwingungszahlen der betreffenden Lichtstrahlen entspricht. Die Farbe Rot beispielsweise entsteht durch Strahlen von etwa 400 Billionen Schwingungen in der Sekunde; Grün ergibt

sich bei etwa 600 Billionen, Dunkelblau oder „Indigo“ erst bei 700 Billionen Schwingungszahl. Man hat ferner festgestellt, daß die Schwingungszahl zur Länge der Lichtwellen im verkehrten Verhältnisse stehe, daß also die Wellenlänge um so kleiner ist, je mehr Schwingungen in der Sekunde stattfinden (was wir auch bei den Schallwellen gefunden hatten). Ein reines Rot entspricht einer Lichtwellenlänge von etwa 687 $\mu\mu$ (d. h. Milliontel Millimetern); dagegen sind Grün-Wellen 527 $\mu\mu$, Indigo-Blau-Wellen nur 431 $\mu\mu$ lang.*) Eine kleine Tabelle dieser Zahlen sei hier eingefügt:

	Billionen Schwingungen in der Sekunde:	Wellenlänge in Millionteln mm:
Rot	400 bis 470	760 bis 647
Orange	470 „ 520	647 „ 586
Gelb	520 „ 590	586 „ 535
Grün	590 „ 650	535 „ 492
Cyan-Blau . .	650 „ 700	492 „ 456
Indigo-Blau . .	700 „ 760	456 „ 424
Violett	760 „ 800	424 „ 397

Die Schwingungszahl steht jedoch nicht nur mit der Wellenlänge, sondern (wie Newton fand) auch mit der „Brechbarkeit“ der Farbstrahlen in Beziehung. Wenn nämlich Lichtstrahlen aus einem Stoffe („Medium“) in einen anderen übergehen, z. B. von Luft in Wasser oder Glas, so werden sie in ihrer Richtung verändert oder „gebrochen“. Je größer nun die Schwingungszahl ist, desto stärker werden auch die betreffenden Strahlen gebrochen und umgekehrt. Rot wird am schwächsten, stärker wird Grün, am stärksten Violett gebrochen. Der Umstand der verschiedenen Brechbarkeit der Farbstrahlen hat es ermöglicht, gewisse Farben (z. B. Purpur) in ihre einfachen Bestandteile (z. B. Rot und Violett) zu zerlegen und eine Scheidung zwischen physikalisch einfachen und gemischten (oder zusammengesetzten) Farben zu vollziehen. Die darauf bezüglichen Experimente haben zu dem unerwarteten Ergebnis geführt, daß Weiß eine aus vielen Farben zusammengesetzte

*) Genaue Angaben im Anschluß an die Fraunhoferschen Linien im Spektrum finden sich bei Höfler, Physik, Braunschweig 1907, S. 321.

Farbe sei. Diese Tatsache bedarf einer kurzen Erläuterung. Wenn wir das weiße Licht der Mittagssonne oder ein weißes Papier betrachten, so halten wir die wahrgenommene Farbe für völlig einfach und ungemischt. Vom Standpunkte der Empfindung haben wir auch vollkommen recht, allein der Physiker vermag uns zu zeigen, daß der Eindruck des Weißen nur bei Zusammenwirken von mehreren verschiedenen Farbstrahlen (in bestimmtem Mischungsverhältnisse) zustande kommt. Läßt man nämlich ein Bündel Sonnenstrahlen durch ein Glasprisma (oder ein sogenanntes Beugungsgitter) hindurchgehen, so löst sich der weiße Strahl in ein Band, „Spektrum" genannt, auf, welches die bekannten Regenbogenfarben aufweist. Da der Rot-Bestandteil vom Glasprisma am wenigsten gebrochen wird, erscheint Rot im Spektrum zu oberst, dann folgt Orange, Gelb, Grün, Cyan-Blau (ein lichtes, reines Blau), Indigo-Blau (ein dunkles, später ins Violett spielendes Blau) und als letzte Farbe Violett, welches die größte Brechung erfahren hat.

Untersucht man diese Spektralfarben einzeln nach derselben Methode, so zeigt es sich, daß sie (physikalisch) einfache, nicht weiter zerlegbare Farben oder physikalische Grundfarben darstellen. Mit geeigneten Vorrichtungen kann man natürlich die sieben Farben des Spektralbandes wieder zu Weiß zurückvereinigen.

Auch Purpur, Rotbraun, Olivgrün lassen sich als physikalische Mischfarben nachweisen. (Von Grau und Schwarz wird in der Folge die Rede sein.)

Die oben genannten sieben Hauptfarben des Sonnenspektrums können ohne weitere Vorrichtung als ein Glasprisma oder ein Beugungsgitter (im sonst dunklen Raume) mit freiem Auge wahrgenommen werden. Genaue Versuche über die Wärmestrahlung haben aber gezeigt, daß vor dem Spektral-Rot noch eine Farbe, das „Ultra-Rot", mit einer Schwingungszahl unter 400 Billionen anzunehmen sei, welches nach Brückes Angabe wie ein Rotbraun aussähe. Andrerseits hat man über das Violett hinaus das Vorhandensein eines dem Lavendel-Grau entsprechenden „Ultra-Violett" mit einer Schwingungszahl über 800 Billionen durch Photographie festgestellt. Das Ultra-Rot und Ultra-Violett verlängern das Spektralband auf mehr als das Doppelte.

Was das Verhalten der Körper zu darauffallenden Farbstrahlen anlangt, so lehrt die wissenschaftliche Erfahrung, daß solche Strahlen entweder durchgelassen oder verschluckt („absorbiert") oder zurückgeworfen („reflektiert") werden. Läßt ein Körper (z. B. Fensterglas, frische Luft) alle Bestandteile des auffallenden Lichtes unverändert passieren, so heißen wir ihn (im engeren Sinne) ungefärbt-durchsichtig. Eine durchsichtig blaue Brille absorbiert alle anlangenden Farbstrahlen, ausgenommen die blauen oder blauerzeugenden, welche sie durchläßt. Ein (undurchsichtiges) grünes Baumblatt wirft von allen Bestandteilen des darauffallenden weißen Sonnenlichtes nur die grünen Strahlen zurück und erscheint deshalb grün; die übrigen Bestandteile absorbiert das Blatt. Weiße Dinge reflektieren alle Farbstrahlen unverändert; schwarze Dinge verschlucken sämtliche Bestandteile des Lichtes und erscheinen deshalb ohne helle Farbe. Bei durchscheinenden Körpern findet ein teilweises Verschlucken und Zurückwerfen statt.

Was man Farbstoffe oder „Pigmente" nennt (z. B. die pulverigen oder flüssigen Malerfarben, die Pigmentkörnchen des Blutes und der braunen Haare usw.) sind Körper, welche die geschilderten Eigenschaften in besonders ausgeprägter Weise bekunden.*)

An dieser Stelle sei noch einer weiteren wichtigen Tatsachenreihe gedacht, der Beziehungen zwischen den sogenannten Komplementärfarben. Wir besprachen bereits, daß die sieben Spektralfarben, in gewissen Verhältnissen gemischt, reines Weiß liefern. Die experimentelle Untersuchung hat jedoch gezeigt, daß auch die geeignete Mischung von je zwei bestimmten

*) Von anderen physikalischen Farbentheorien sei nur diejenige unseres großen Goethe kurz berührt. Goethe, welcher bekanntlich eine (gegen Newton streitende) „Farbenlehre" veröffentlicht hat, kennt nur zwei Grundfarben, Gelb und Blau. Er beobachtete nämlich, daß durchscheinende Platten (Milchglas) vor hellen Objekten gelb, vor dunklen Objekten blau gesehen werden (Goethes „Urphänomen"). Gelb sei in diesem Sinne das durch ein durchscheinendes Medium gesehene Licht, Blau dagegen die durch ein solches Medium gesehene Dunkelheit. Die Farben Rot und Violett erklärt Goethe aus der Dichtigkeit des Mediums, Grün und Purpur aus der Mischung der Grundfarben. Wenn auch die grundlegenden Beobachtungen Goethes heute auf eine andere Weise gedeutet werden, so hat man doch den Wert einer Reihe von scharfsinnigen Einzelbemerkungen seiner Farbenlehre gerade in der Gegenwart anerkennen müssen.

Farben ein mehr oder minder helles Weiß liefert. Ein Paar solcher zu Weiß sich ergänzenden Farben nennt man Komplementärfarben. Die wichtigsten derartigen Paare sind: Rot + bläuliches Grün, Orange + Cyan-Blau, Gelb + Indigo-Blau, gelbliches Grün + Violett, Grün + Purpur (violetthaltiges Rot, keine Spektralfarbe). Manche dieser Mischungen geben ein ziemlich reines Weiß, andere wenigstens ein lichtes Grau (also lichtschwaches Weiß).

Wenn hier von „Mischung" gesprochen wird, so darf dabei nur an ein Zusammenbringen (Addieren) von Farbstrahlen gedacht werden, was in der Weise geschehen kann, daß man durch Linsenvorrichtungen beispielsweise gelbe und dunkelblaue Strahlen des Spektrums auf dieselbe Wandstelle werfen läßt, was einen weißen Fleck liefert. Auch die Mischung mit dem sogenannten Farbenkreisel ist von dieser Wirkung. Der Farbenkreisel besteht in der Hauptsache aus einer sehr rasch drehbaren Scheibe, von welcher beispielsweise ein Ausschnitt („Sektor") gelb, ein anderer dunkelblau gefärbt werden kann. Bei geschwinder Drehung der Scheibe wird sodann (keine dieser Einzelfarben sondern) die Mischfarbe aus beiden Bestandteilen erblickt.

Keine Mischung im physikalischen Sinne ist jene von pulverigen oder flüssigen Pigmenten (Farbstoffen), wie sie etwa der Maler auf der Palette zusammenbringt Hierbei findet gewissermaßen eine Subtraktion von Farbstrahlen statt. Gelb und Dunkelblau in Wasserfarben gemischt liefern, wie schon malende Kinder wissen, ein schönes Grün, nicht aber Weiß. Auch ein Nebeneinander kleiner gelber und dunkelblauer Farbenpunkte wird in geeigneter Entfernung als Grün empfunden. Doch wird dieses „im Auge gemischte" Grün einen etwas anderen Eindruck machen wie das auf der Platte gemischte. Die Malmanier der Pointilisten (z. B. des van Rysselberghe) verwertet diese Erfahrung und drückt beispielsweise Orange durch kleine rote und gelbe Fleckchen, gesondert nebeneinander gemalt, aus, was unter Umständen einen besonderen Farbeneffekt bewirkt.

Die Lichtwellen mit ihren verschiedenen Schwingungszahlen liefern die adäquaten oder angemessenen Reize für den Sehsinn, d. h. jene, an welche das Organ in seiner Einrichtung angepaßt ist. Neben den adäquaten lösen aber auch inadäquate Reize, wie Druck und Elektrizität, gewisse Gesichtsempfindungen aus, von welchen später die Rede sein soll.

5. Physiologische Farbentheorien. Farbenblindheit.

Eine überaus schwierige, noch nicht befriedigend gelöste Frage ist die nach der Art der Netzhautvorgänge, an welche sich die Farbenempfindungen knüpfen.

Helmholtz*), welcher an ältere Ansichten von Th. Young (1807) anknüpfte, entwickelte zur Erklärung des Sehens verschiedener Farben die Theorie, daß die Sehnervenenden im Auge in drei Fibrillen (Auslaufsfädchen) geteilt seien, von welchen die erste rotempfindlich, die zweite grünempfindlich und die dritte violettempfindlich sei. Würde die rotempfindliche Fibrille vorwiegend gereizt, so entstünde der Farbeneindruck Rot, die grünempfindliche liefert Grün usw. Die Reizung aller drei Fibrillen in entsprechendem Verhältnisse wird als weißes Licht empfunden. Helmholtz, dem auch die Forscher König und v. Kries beipflichten, stützt seine Lehre durch die Annahme, daß aus den drei Farben Rot, Grün und Violett (den „Grundfarben") alle sonstigen Farbentöne durch Strahlenmischung herstellbar seien und lieferte eine genaue Tabelle der Ergebnisse aller solcher Mischungen für die Spektralfarben. Die Theorie der drei Fibrillen, von welchen jede nur für einen besonderen Farbenreiz empfindlich ist, entspricht auch der Helmholtzschen Lehre von den spezifischen Sinnesenergien, die wir bereits erwähnten. Den Beweis für die Richtigkeit der anatomischen Farbentheorie suchte Helmholtz durch den Hinweis auf die Erscheinungen bei Farbenblinden zu erbringen. Er unterschied eine Rotblindheit, eine Grünblindheit und eine Violettblindheit und zeigte, daß beispielsweise die Rotblinden alle Farben in solcher Weise verändert sehen, wie sie der Physiker ohne jeden Rotanteil aus Grün und Violett künstlich herstellen kann, während andererseits die Grünblinden nur Rot und Violett samt deren Mischfarben richtig auffassen.

Zu letzteren Aufstellungen wurde jedoch gezeigt, daß die Aussagen der Farbenblinden auch mit anderen physiologischen Voraussetzungen als den Helmholtzschen vereinbar seien.

Eine gegenwärtig von vielen Forschern der Helmholtzschen vorgezogene physiologische Farbentheorie hat Ewald Hering,

*) Helmholtz, Physiologische Optik, 1. Aufl. Leipzig 1867, 2. Aufl. Hamburg 1886 ff.

ein bedeutender Physiologe in Leipzig, entwickelt. Sie fußt auf der Überzeugung, daß die Netzhautprozesse bei Farbeneindrücken chemischer Natur seien.*) (Daß überhaupt chemische Vorgänge in der Netzhaut stattfinden, beweist die Ausbleichung und Erneuerung des Sehpurpurs.)

Die Mannigfaltigkeit der Farbenempfindungen ist nach Herings Theorie aus der Wirkung von dreierlei chemischen Prozessen zu verstehen, dem Rot-Grün-Prozeß, Blau-Gelb-Prozeß und Weiß-Schwarz-Prozeß. Die Retina besitzt nämlich (wie anzunehmen ist) drei verschiedene Sehsubstanzen, welche durch den anlangenden entsprechenden Lichtreiz „dissimiliert" (zersetzt), dagegen im Ruhezustand „assimiliert" (wiederersetzt) werden. Gelangt beispielsweise weißes Licht auf die Netzhaut, so wird die Weiß-Schwarz-Substanz zersetzt („Weiß-Schwarz-Prozeß der Dissimilation") und nur diese Substanz; bei Ruhe nach Aufhören des Weißreizes findet die Wiedererneuerung der Substanz statt, während welcher sich die Empfindung Schwarz einstellt. Wird hingegen die Netzhaut von Rot getroffen, so zersetzt sich wahrscheinlich die Grün-Rot-Substanz, deren Wiederersatz dann als Grün zum Bewußtsein kommt. (Bei den Farbenpaaren Rot-Grün und Blau-Gelb läßt es übrigens Hering vorläufig noch unentschieden, welche von den beiden Farben der Dissimilation und welche der Assimilation zugeordnet ist.) Zum Beweise für diese Farbentheorie beruft sich Hering auf die Eindrücke der Farbenblinden, sowie auf die Kontrast- und Nachbilderscheinungen, welche durch seine Annahmen am ungezwungensten erklärbar seien. Diese Lehre hat gerade in den letzten Jahrzehnten viele Fürsprecher gefunden. Unter dieselben zählt (seit 1865) der sehr geschätzte Naturforscher Ernst Mach, welcher jedoch die Schwierigkeiten der Heringschen Theorie nicht verkennt. Mach findet nämlich die gleichberechtigte Nebeneinanderstellung der Komplementär-Farbenpaare Grün-Rot, Gelb-Blau mit dem nicht komplementären Paar Weiß-Schwarz mit Recht unbefriedigend.

Beide Theorien, die Helmholtzsche und die Heringsche, verwirft der angesehene Philosoph und Physiologe Wilhelm Wundt. Er findet, daß diese Theorien die Erscheinungen der eingeschränkten

---

*) Hering, Grundzüge einer Theorie des Lichtsinnes und des Farbensinnes. Sitz.-Ber. d. Wien. Akademie d. W., 3. Abt., 69. Band.

Farbenblindheit (an der Wundt selbst leidet) nicht zu erklären vermögen und auch weder der qualitativen Verwandtschaft der Spektralfarben untereinander, noch der Beziehung des Sättigungsgrades einer Farbe zur Farbe des Lichtes gerecht werden. Auch bleibe nach Helmholtz und Hering unverständlich, warum Farbenblinde solche Dinge grau sehen, welche im Sinne der geschilderten Theorien farbig (wenn auch verändert) gesehen werden müßten. Wundt stellt daher eine neue „Stufentheorie" auf, welche zwischen nichtfarbigem (achromatischem) Lichtreiz und eigentlichem (chromatischem) Farbenreiz unterscheidet. Die Netzhaut wird beim Farbensehen von beiden Reizarten gleichzeitig erregt, doch stellt sich der nichtfarbige Reiz als ein gleichförmiger, der farbige als ein ungleichförmiger (vom nichtfarbigen Lichtreiz abhängiger) dar. Bei vergleichsweise schwachen und starken Erregungen der Netzhaut überwiegt der nichtfarbige Lichtreiz gegenüber dem Farbenreiz in der Wirkung, bei mittelstarken Erregungen halten sich beide Reizarten die Wage. Fehlt ein äußerer Reiz überhaupt, so wird der fortdauernde innere Erregungszustand, in dem sich die Netzhaut nach Wundt befindet, als Schwarz empfunden. Eine Kritik dieser Lehre, der es an vielseitiger Anerkennung nicht gefehlt hat, läge außerhalb unserer Zwecke.

Außer den Genannten hat auch der Physiologe Wilhelm **Preyer***) eine Farbentheorie aufgestellt. Derselben zufolge wäre der Farbensinn als ein feiner Temperatursinn der Netzhaut aufzufassen, welche rotgrün- und blaugelbempfindliche Doppelzapfen enthalte. Die roten Farben seien warme, die blauen kalte Eindrücke, was der volkstümlichen, auch bei Künstlern üblichen Scheidung warmer und kalter Farben entspreche.

Wir bemerkten bereits früher, daß sich sowohl Helmholtz als Hering zur Stützung ihrer Theorien auf die Erscheinungen bei **Farbenblindheit** berufen. Man versteht darunter das Unvermögen eines Sehorganes, Farben überhaupt zu unterscheiden (totale Farbenblindheit) oder aber gewisse einzelne Farben zu empfinden (partielle Farbenblindheit). Die total Farbenblinden sehen die Dinge nur licht und dunkel abgestuft (wie weiß-grau-schwarze Photographien), die partiell Farbenblinden in veränderter Farbigkeit, wobei die nichtgesehene Farbe

*) Preyer, Die fünf Sinne des Menschen, Vortrag, Leipzig 1870.

durch ein unbestimmtes Grau oder eine sonstige Farbe vertreten wird.

Helmholtz unterscheidet, wie schon erwähnt, Rotblinde, Grünblinde und Violettblinde und erklärt die Ausfallserscheinungen aus dem Fehlen oder Gelähmtsein einer der drei Nervenfibrillen.

Nach Hering haben wir einerseits Blaugelbblindheit, bei welcher nur rote und grüne Dinge richtig gesehen werden, andererseits Rotgrünblindheit mit Veränderung der empfundenen Farben durch Ausfall von Rot oder Grün oder beider Farben. Die an Rotblindheit („Daltonismus") leidenden Personen sehen Gelb und Blau richtig, dagegen Violett für Blau (die Rötlichkeit des Violett fällt aus), Rot für Grün oder Grau.

Die Farbenblindheit ist entweder angeborenes Erbteil oder die Folgeerscheinung einer Vergiftung, Schwindsucht, Hysterie usf. Es hat allgemein überrascht, als der Schwede Holmgren das Ergebnis einer vielseitigen Untersuchung veröffentlichte, wonach nicht weniger als 3 % der geprüften Männer und 0,3 % der geprüften Frauen farbenblind waren. Neuere Massenuntersuchungen deutscher Schulkinder durch Cohn und Magnus ergaben 2,75 % für Knaben, 0,48 % für Mädchen. (Der bessere Farbensinn des weiblichen Geschlechts ist auf die Art seiner Beschäftigungen von alters her zurückzuführen.) Holmgren machte auch auf die Gefahren der (oft den Behafteten selbst unbekannten) Farbenblindheit namentlich für den Eisenbahn- und Seedienst aufmerksam. Es soll selbst teilweise farbenblinde Maler gegeben haben. Man nennt als solche W. Kaulbach, Führich, Schwind und Cornelius — wahrscheinlich in einseitiger Übertreibung.

Interessant ist die Behauptung einiger Forscher, daß der Farbensinn, d. i. die Empfindlichkeit für Farbenunterscheidung, seit den Anfängen der Kultur bis zu den heutigen Tagen sich fortdauernd verfeinert habe, daß aber der Farbensinn des Menschen noch immer gegen jenen zahlreicher Tiere zurückstehe. Der große Staatsmann Gladstone war der Ansicht, daß sogar die alten Griechen noch teilweise farbenblind gewesen seien, da die homerischen Gedichte eine auffallende Armut an Farbenbezeichnungen (namentlich für Grün, Blau, Violett) aufweisen.

Ähnliches hat der Kulturhistoriker Lazarus Geiger von der Bibel und den indischen Vedas behauptet. Die Vedas preisen

z. B. in überschwenglichster Üppigkeit die Merkmale des Himmels — aber seine blaue Farbe erwähnen sie nicht. Vor einigen Jahren hat übrigens der Physiologe Ziehen darauf aufmerksam gemacht, daß Kinder für kurzwellige Farben (Grün, Blau, Violett) mindere Empfindlichkeit zu zeigen pflegen. Was die angebliche teilweise Farbenblindheit der alten Kulturvölker anlangt, so hat E. Krause gegen Gladstone und Geiger geltend gemacht, daß die Armut an Farbennamen nur auf eine sprachliche Unvollkommenheit, nicht auf einen Sinnesmangel hinweise. Virchow und Grant Allen haben bei heute lebenden wilden Völkern einen ziemlich fein ausgebildeten Farbensinn (ohne zahlreiche Farbenbezeichnungen) nachgewiesen. Was eine wahre Höherentwicklung erfahren hat, ist jedenfalls der Farbengeschmack, welcher z. B. in der Farbenzusammenstellung bei Kunstgegenständen und Kleidungsstücken hervortritt.

6. Der Ablauf des Sehvorganges.

Wir sind nunmehr imstande den Ablauf des Sehvorganges in seinen einzelnen Teilen zu schildern, was wir in nachstehenden Schlagworten tun wollen:

1. Physikalischer Teil des Vorganges: Schwingung eines Lichterregers (Sonnenhülle, glühende Metalle, brennende Gase), fortgepflanzt durch Ätherwellen oder elektromagnetische Wellen bis zur Hornhaut des Auges.

2. Physiologischer Teil des Vorganges: Weiterleitung der direkt einfallenden oder gebrochenen Lichtwellen durch die Pupille, die Linse und den Glaskörper bis zur Netzhaut. Chemische Erregung der Stäbchen und Zäpfchen der Netzhaut.*) Überleitung der Erregungsnachricht durch den Sehnerven (Nervus opticus) nach dem Sehzentrum im Gehirn (Vierhügel, Sehhügel, Hinterhauptswindung), woselbst die entsprechende chemische Entladung eintritt.

3. Psychologischer Teil des Vorganges. Dem Vorgang im Sehzentrum zugeordnet, stellt sich die Empfindung eines bestimmten Licht- und Farbeneindruckes ein. Dieser

*) Die seitliche Netzhaut und wahrscheinlich die Stäbchen überhaupt sind vorzugsweise für Licht und Dunkel (auch in seinen Abstufungen) empfindlich; dagegen sind der gelbe Fleck und die Zäpfchen besonders für die Farbenreize (von nicht zu geringer Helligkeit) eingerichtet. (Nach J. von Kries.)

Empfindungsinhalt wird durch die „Auffassung“ zu einer Gesichts- oder Seh-„Wahrnehmung“, deren Ursache wir in die Außenwelt verlegen. Den letztgenannten Teilvorgang nennt man auch „Projektion des Wahrnehmungsobjektes“.

7. Licht- und Farbenqualität. Einfache und Mischfarben.

Der Unzulänglichkeit der sprachlichen Bezeichnungen für Qualitäten des Lichtes überhaupt haben wir bereits Erwähnung getan; ziemlich reich dagegen ist unser Deutsch an Namen für die Farbenqualitäten oder Farbentöne. Die Volkssprache gebraucht am häufigsten die Worte Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett, Weiß, Schwarz, Purpur und Braun. Die feineren qualitativen Abstufungen pflegt man mit Hilfe der Dinge, welche charakteristischerweise jene „Nuance“ oder „Tinte“ aufweisen, zu benennen, z. B. Veilchenblau, Himmelblau, Aquamarin (dunkles Meerblau), Olivgrün usw.

Newton unterschied sprachlich und theoretisch sieben Hauptfarben des Spektrums, wobei er das Blau in Cyanblau (reines mittelhelles Blau etwa der Kornblumen) und Indigoblau (dunkles Blau etwa der reifen Pflaumen) zerlegte. An der Siebenzahl hielt Newton der Übereinstimmung mit der musikalischen Oktave (welche sieben verschiedene Hauptstufen aufweist) zuliebe fest. Einige neuere Forscher fügen zwischen Rot und Violett die qualitativ beiden verwandte Mischfarbe Purpur ein, wodurch sich das Spektralband zu einem Kreise von (nach Ähnlichkeit geordneten) Farben zusammenschließt.

Bemerkenswert ist die oft festgestellte Erscheinung, daß wir die Farbe eines den Raum um uns her erfüllenden Lichtes sehr unsicher oder gar nicht zu beurteilen vermögen, eine Erscheinung, die auf das schon erwähnte psychologische „Beziehungsgesetz“ zurückgeht. Nach diesem Gesetze kommt eine Farbenqualität nur dann zum Bewußtsein, wenn sie von einer zweiten Qualität unterschieden werden kann. Wer zeitlebens in einem gleichmäßig blauen Raum sich aufhielte, würde keine Empfindung des Blau haben. Wir sind daher überrascht, wenn wir zum ersten Male beim Vergleichen des Gaslichtes mit dem elektrischen bemerken, daß das erstere stark orange, das letztere weiß gefärbt ist. Dem Sonnenlichte ist (nach Aubert) ein schwach rötlicher Stich eigen; weil aber unter gewöhnlichen Umständen der vergleichbare Kontrast fehlt, so sind wir geneigt, es schlecht-

weg für farblos zu halten. In Wahrheit gibt es freilich kein farbloses Licht, und die Unterscheidung einer eigenen Modalität Licht neben der Farbenmodalität geschieht nur zum praktischen Zwecke des besseren Beschreibens der Erscheinungen.

Ein Vergleich der mannigfaltigen Farbentöne läßt uns zahlreiche Ähnlichkeitsbeziehungen unter ihnen erkennen. Nicht nur die Nuancen oder Tinten von Gelb weisen eine solche Ähnlichkeit der Qualität auf, sondern auch Hauptfarben wie Gelb und Orange, Orange und Rot. Manche Leute behaupten sogar (irrigerweise), im Orange einen Gelbanteil und einen Rotanteil direkt zu sehen. Versuchen wir die sieben Hauptfarben des Spektrums nach ihrer Ähnlichkeit zu ordnen, so kommen wir im ganzen auf dieselbe Reihenfolge, wie sie das Prisma liefert; die Qualitätsähnlichkeit geht also insoweit parallel mit der Reizähnlichkeit und der Ähnlichkeit der Schwingungszahlen. Man wird jedoch geneigt sein, auch das Violett und das Rot als qualitativ verwandt zu bezeichnen, so daß die Ähnlichkeitsreihe durch einen Kreis (nicht durch ein Band) zu versinnbildlichen ist.

Andererseits führt uns der Vergleich der Farbentöne dazu, innerhalb der Ähnlichkeitsreihe Stufen größter Unähnlichkeit zwischen zwei benachbarten Farben (z. B. reines Grün, reines Cyanblau) wahrzunehmen, welche wir als reine oder Hauptfarben im psychologischen Sinne bezeichnen wollen. Die Übergangstöne hingegen, sowie die weißlichen und schwärzlichen Zwischenstufen sind gemischte oder Nebenfarben zu nennen.

Die Ausdrücke „einfache" oder „Grund"farben einerseits und „zusammengesetzte" oder „Misch"farben andererseits werden in vierfachem Sinne gebraucht:

a) Im physikalischen Sinne sind sämtliche unzählige Farbstufen des Spektrums wegen ihrer Unzerlegbarkeit einfache Farben, dagegen Weiß, Purpur, Braun (lichtschwaches, dunkles Gelb), Himmelblau (weißliches Blau) usw. zusammengesetzte Farben. Sieben oder eine andere Anzahl Stufen aus den Spektralfarben als reine oder Grundfarben herauszuheben, hat praktisch-wissenschaftliche Vorteile, ohne theoretisch notwendig zu sein. Wenn Physiker von drei, vier oder sechs Grundfarben sprechen, so denken sie im Grunde an physiologische Wirkungen.

b) Im physiologischen Sinne unterscheidet man Grundfarben und Mischfarben, um der Schwierigkeit auszuweichen, die in der Annahme unzählbar vieler Netzhautfasern oder Netzhautprozesse gelegen wäre. Thomas Young (1802) stellte zuerst Rot, Gelb, Blau, später (1807) Rot, Grün, Violett als Grundfarben auf; Brewster (1831) versuchte es, mit Rot, Gelb, Blau auszukommen, während sich Maxwell (1860) für Rot, Grün, Ultramarin (dunkles Blau) entschied. Helmholtz (1852 und 1867) knüpfte an die jüngere Reihe Youngs an und gründete seine Farbentheorie auf die Grundfarben Rot, Grün, Violett. Sein Gegner Hering ersetzte diese Annahme durch die Paare Rot-Grün, Blau-Gelb, Weiß-Schwarz. Mach hat (1865) Weiß, Schwarz, Rot, Gelb, Grün und Blau für Grundempfindungen erklärt und damit die Farbenreihe des Lionardo da Vinci angenommen. Eine Einigkeit in diesem Punkte ist sonach unter den maßgebenden Gelehrten noch nicht erzielt worden.

c) Im psychologischen Sinne gibt es ausschließlich einfache Farben, da von einer Gemischtheit auch im Braun, Orange, Purpur usf. nichts zu sehen ist. Die sogenannten Mischfarben sind solche, die eine zweiseitige Ähnlichkeit aufweisen, z. B. Orange zu Rot und Gelb, Purpur zu Violett und Rot. Die gewöhnlich als einfache, reine, Grund- oder Hauptfarben (ohne Beachtung der Sinnverschiedenheit solcher Namen) bezeichneten Farbentöne sind psychologisch bloß qualitative Orientierungspunkte, nämlich Stufen größter Verschiedenheit voneinander.

d) Im technischen Sinne haben die Begriffe Grund- und Mischfarben ihre richtige ursprüngliche Bedeutung. Jedes malende Kind weiß, daß man die Farbstoffe Grün, Orange, Braun, Grau, Purpur, Violett usf. aus anderen Farbstoffen durch Mischen mit dem Pinsel herstellen könne, die Farben Weiß, Schwarz, Rot, Gelb und Blau dagegen nicht. Auch wenn auf Farbendruckbildern beispielsweise Orange durch kleine Rot- und Gelbpünktchen, welche nahe beisammen oder übereinander gedruckt sind, hergestellt wird, so liegt eine technische Mischung vor, zugleich aber auch eine physiologische Mischung „im Auge".

Dem denkenden Leser werden wohl bei der Lektüre dieser nicht eben leichten Erörterungen eine Reihe von Fragen auf-

getaucht sein, die nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch in Laienkreisen oftmals zu Meinungsverschiedenheiten Anlaß geben. Ist Weiß ein Mischfarbe oder eine einfache? Ist Grün einfach oder zusammengesetzt? Ist Schwarz überhaupt eine Farbe? Wie steht es mit dem Grau?

Wir antworten darauf folgendes: Weiß ist als Empfindung (vom psychologischen Standpunkte) eine durchaus einfache Farbe, geradeso wie Rot und Blau. Physikalisch entsteht es freilich aus einer Mischung von vielerlei Farbstrahlen, aber hiervon ist im Anblick nichts zu finden.

Ebenso ist Grün eine psychologisch einfache Farbe; daß sie im Farbtopf durch Zusammengießen von Blau und Gelb herstellbar ist, verschlägt daran nichts. Auch eine physiologische Farbentheorie, welche dem Grün keine eigene Faser oder chemische Wirkungsweise zuschriebe, könnte an dieser Tatsache nicht rütteln. Wohl ist das Grün sowohl dem Gelb und dem Blau ähnlich, aber es besteht nicht aus diesen Farben.

Schwarz wird von manchen Psychologen für keine Farbe gehalten. Allein psychologisch liegt hierzu nicht der mindeste Grund vor. Wenn wir eine rein schwarze Tafel ansehen, so sehen wir Schwarz als Farbe. Daß physikalisch sich Schwarz ergibt, wenn Lichtstrahlen fehlen, ändert daran nichts, hat aber gleichwohl manche Physiologen irregeführt. Schwarz ist auch nicht dasselbe wie farblos. Der Raum hinter dem Rücken ist für den nach vorn Schauenden farblos, nicht aber schwarz. Schwarz ist jene Farbe, welche den Helligkeitsgrad Null hat. Von Null-Schwarz lassen sich Farbenstufen von steigender Helligkeit bis zu jeder anderen Farbe anreihen; die Reihe von Schwarz bis Weiß enthält die mit Grau bezeichneten Zwischennuancen; die Reihe von Schwarz bis Gelb führt durch Braun hindurch, die Reihe von Schwarz bis Rot durch schmutzigrote Töne. Grau ist demnach psychologisch eine selbständige Farbe der Ähnlichkeitsreihe Schwarz-Weiß; physikalisch ist es lichtschwaches Weiß.

Zur qualitativen Bestimmtheit der Farben gehört auch das Verhältnis der Gegenfarben. Gegenfarben sind solche, welche in der Empfindung das größte Maß von Unähnlichkeit gegeneinander aufweisen.*) Als solche qualitative Gegensätze

*) Häufig wird auch der Name „Kontrastfarben" verwendet, dessen Bedeutung schwankt; es dürfte aber angängig sein, die Bezeichnungen Kontrastfarbe und Gegenfarbe in gleichem Sinne zu nehmen.

finden wir Weiß-Schwarz, Rot-Grün, Gelb-Blau, Grün-Purpur. In den drei letzten Paaren erkennen wir die wichtigsten Komplementärfarben wieder, die also das physikalische Seitenstück zu den psychischen Gegenfarben darstellen. Wir erinnern aber daran, daß im Eisenbahnbetrieb das Freisein eines Schienenstranges durch eine grüne Laterne, das Nichtfreisein durch eine rote bezeichnet wird — offenbar deshalb, weil diese Farben als Extreme des qualitativen Gegensatzes befunden wurden, deren Unterscheidung besonders rasch und sicher erfolgt. Die rote und grüne Farbe der Laternen wurde gewiß nicht deshalb gewählt, weil sie komplementäre (zu Weiß sich ergänzende) sind.

Die Gegenfarben wirken in ihrer Nebeneinanderstellung ästhetisch reizvoll und haben deshalb von alters her in Kunst und Gewerbe vielfältige Verwertung gefunden. (Näheres im 15. Abschnitte.)

An jeder Farbe unterscheiden wir weiter den Sättigungsgrad und den Helligkeitsgrad.

Sättigungsgrad ist der Grad des Freiseins einer Farbe von Ähnlichkeitsbeziehungen zu fremden Farben. Sattes Blau beispielsweise ist den anderen Farben minder ähnlich als etwa grünliches Blau oder rötliches Blau oder Himmelblau. Nach einer anderen, unhaltbaren Lehre wird die Sättigung nur als Maß des Anteils einer Farbe an Weiß gedeutet; je mehr Weißlichkeit innewohne, desto ungesättigter sei die betreffende Farbe.

Der Name Helligkeit kann sowohl ein Qualitätsmerkmal als auch eine Intensitätsbezeichnung bedeuten. Wir sprechen davon, daß reines Gelb eine hellere Farbe wie reines Blau, Orange heller wie Rot sei, Cyanblau heller wie Indigo und zwar in dem Sinne, daß bei gleicher Leuchtkraft die Qualität der betreffenden Farbe der Helligkeit des Weiß (d. i. der hellsten Farbe) näher oder minder nahe kommt. Von den Hauptfarben ist unstreitig Gelb die hellste Farbe (darauf folgt Orange, Rot, Grün, Cyan, Indigo, Violett), während Schwarz als helligkeitslose Farbe gelten kann.

Bei diesem Anlaß sei noch der Unterscheidung von warmen und kalten Farben gedacht, welche auf Goethe zurückgeht. Warm und kalt bei Farben heißt psychologisch nicht eigentlich eine Temperatur-Begleiterscheinung, sondern ein Merkmal des

Empfindungsinhaltes, welches am deutlichsten wird, wenn man an die Wärme des reinen Rot im Gegensatze zur Frostigkeit des lichten Blau erinnert. Daß hierbei eine helfende Gedächtnisbeziehung des Rot („brennend" Rot) mit dem Feuer und eine solche des Blau mit dem Wasser oder der Luft vorliegt, ist sehr wahrscheinlich. Die Zuteilung der anderen Farben auf die Seite der warmen oder der kalten ist vielfach strittig, doch wird am entsprechendsten Rot, Orange und Gelb zu den warmen, Grün, Blau und Violett zu den kalten Farben zu rechnen sein.*)

8. Die Intensität der Farben.

Unter Helligkeit versteht man auch — und dies ist die Hauptbedeutung — die Intensität oder Leuchtkraft der Farbe, d. h. die Stärke des Lichtes der betreffenden Farbe. Das Rot eines roten Papiers und das Rot einer beleuchteten Lokomotivlaterne sind intensiv verschieden, auch wenn sie dieselbe Nuance besitzen. Im täglichen Leben sind wir geneigt, intensive Farben im allgemeinen für gesättigte zu halten, worin jedoch eine Verwechslung gelegen ist. Richtig ist nur, daß zum Eindrucke der Sättigung ein bestimmter, für jede Farbe anderer Intensitätsgrad Bedingung ist. Rot beispielsweise sieht in der Dämmerung Dunkelgrau aus, während Blau noch deutlich als Blau erkennbar bleibt („Purkinjes Phänomen"). An touristischen Wegmarkierungen können wir diese Beobachtung leicht machen. Bei sehr schwachem Licht und an Dunkel gewöhntem Auge kann (nach Hering und Hillebrand) das ganze Spektrum ohne bunte Farbe mit Hell- und Dunkelverteilung gesehen werden, wobei sich die Stelle des Blau am hellsten, die Stelle des Rot am dunkelsten darstellt.

Trifft ein hoher Sättigungsgrad mit einer hohen Stärke zusammen, so finden wir die Farbe „grell"; der Name „matt" bedeutet einen geringen Sättigungs- und Stärkegrad, dagegen geht die Bezeichnung „gedämpft" bloß auf die Intensität.

Physikalisch ist die Lichtstärke von der Höhe der Lichtwellen (oder der „Schwingungsweite") bestimmt, deren schätzungsweise Messung in neuerer Zeit gelungen ist. (Der

---

*) Eine ausführliche Studie über warme und kalte Farben verdanken wir Hans Schmidkunz in der Deutschen Malerzeitung, München 1896, Nr. 8—14.

Leser erinnert sich wohl, daß auch die Schallstärke von der Schwingungsweite abhängig ist?) Die Lichtstärke nimmt im umgekehrten Verhältnisse zum Quadrate der Entfernung der Lichtquelle ab. Auch von der Aufsaugekraft des lichtleitenden Mittels (der Luft, des Glases) und vom Winkel des Lichtauffalles ist die Lichtintensität abhängig. Im Londoner Nebel (der mit Wasser- und Kohlenteilchen erfüllten Luft) ist bekanntlich die Lichtleitung so schlecht, daß man die Gaslaternen kaum drei Schritte weit sieht. Bei reiner Luft ist jedoch der Sehsinn für Intensitäten, namentlich für Intensitätszunahmen überaus fein empfindlich. Nach den Versuchen von Aubert und Kraepelin werden bei mittleren Lichtstärken schon Helligkeitszunahmen von $^1/_{100}$—$^1/_{120}$ der Anfangshelligkeit eben noch merklich. Für mittlere Helligkeiten (weißen Lichtes) hat sich also auch beim Sehsinne das schon erörterte Webersche Gesetz als zutreffend erwiesen.*)

*) Hier sei einer interessanten Lehre Franz von Brentanos gedacht, welche derselbe in seinem Vortrage „Zur Lehre von der Empfindung" auf dem III. Psychologenkongreß (1896) entwickelt hat. Brentano versucht, die Intensität der Farben durch Stufen von Dichtigkeit zu ersetzen und so das ganze Intensitätsmerkmal aus der Natur der Empfindung auszuschalten. Er geht von der Beobachtung aus, daß auf vielen Farbendruck-Bildern Orange in der Weise dargestellt wird, daß auf einen Gelbgrund kleine rote Tüpfchen gedruckt werden. Der Eindruck für das genügend entfernte Auge ist dann einfach Orange. Überwiegen die gelben Flächenteilchen, so wird die Farbe mehr gelblich; sind die roten Flächenteilchen in größerer Dichtigkeit vorhanden, so entsteht ein mehr roter Ton. Gleichartiges gilt nach Brentano auch für alle einfachen Farben. Je dichter die Farbenflecke auf einer Fläche beisammen sind, desto größer erscheint uns die Intensität jener Farbe. Alle Farben-Intensität ist somit der Ausdruck der Dichtigkeit von nebeneinanderliegenden („juxtaponierten") kleinen Farbenflächen, womit sich das Merkmal „Fläche" in ein Merkmal „Besonderheit des räumlichen Beisammens" verwandelt. Was für die Farbenempfindungen gilt, ist nach Brentano auch für Töne, Gerüche usw. maßgebend, so daß die Lehre von der Dichtigkeit den Charakter einer allgemeinen Theorie der Empfindungsstärke erhält. (Vgl. auch Brentano, Untersuchungen zur Sinnespsychologie, Leipzig 1907.)

Wir können der Anschauung Brentanos nicht beipflichten. Seine Lehre bezieht sich offenkundig auf die „Sättigung" der Farben, nicht auf ihre Leuchtkraft oder Intensität. Ein Blau des Tageshimmels kann sehr intensiv sein, obwohl die Blaudichtigkeit gering, d. h. der blaue Farbenton wenig gesättigt ist. Auf dem Gebiete der Töne versagt die Theorie noch deutlicher. Zehn Violinen können sehr „gesättigte" Akkorde hervorbringen und dabei im „piano" bleiben, gegen

9. Das räumliche Merkmal des Gesichtsbildes. Körperlichsehen. Ausfüllung des blinden Flecks.

Die Dinge der Außenwelt erscheinen dem entwickelten Sehsinne als Flächen und Körper, oder anders ausgedrückt, als zweidimensionale und dreidimensionale Gebilde. Die gesehenen Flächen und Körper verlegen wir in einen mehr oder weniger bestimmten Abstand vom Auge (die sogenannte „Tiefenwahrnehmung"). Punkte im mathematischen Sinne können nicht gesehen werden, und selbst die kleinsten Einzelheiten eines mikroskopischen Bildes oder die winzigsten Sterne müssen sich uns als Flächen (von freilich unmerklichen Abmessungen) auf der Netzhaut darbieten.

Wir sind der Ansicht, daß die Flächenhaftigkeit der Bilder eine Bedingung ihrer Wahrnehmbarkeit ist, so daß das Innewerden räumlicher Ausdehnung oder die „Raumanschauung" ursprünglich auf eine angeborene Einrichtung unseres Geistes zurückgeht, die freilich erst im Leben durch die Erfahrung ihre Ausbildung erhält. Diese Ansicht von der letzten Herkunft der Raumanschauung, welche unter anderen die Forscher Hering und Stumpf vertreten, heißt in der Wissenschaft Nativismus (Lehre vom Angeborensein). Unserer Lehre kommt auch die Beobachtung zu Hilfe, daß Blindgeborene, welche durch Operation ihre Sehfähigkeit wiedergewonnen, übereinstimmend aussagten, sie hätten beim ersten Anblick die Dinge als unbestimmt begrenzte farbige Flecken — jedenfalls aber flächenhaft — wahrgenommen. Erst nach einiger Zeit merkten die Operierten auch die Umrisse der Dinge und lernten durch Vergleiche des Gesehenen mit ihren Tasterfahrungen allmählich das dem Auge Dargebotene richtig verstehen.*)

---

welches eine laut ertönende Violine sich deutlich abhebt. Bei Tast- und Temperatur-Empfindungen scheint uns jeder Versuch, an Stelle der Stärke eine Dichtigkeit von räumlichen Elementen zu setzen, völlig aussichtslos.

*) Einem Aufsatze Dr. Salzers in der „Natur" (1897) entnehmen wir folgende Schilderung: Eine von Wardrop operierte Dame, deren eines Auge durch die Operation sehend wurde, äußerte am nächsten Tage, daß sie sich äußerst dumm vorkäme. Sie erkannte an einer Uhr eine helle und eine dunkle Seite und deutete auf die Ziffer 12; am dritten Tage erkannte sie die Nase im Gesichte ihres Bruders; am sechsten Tage wunderte sie sich über ihre Unfähigkeit, Gegenstände, die sie

Dem Nativismus steht die Ansicht des Empirismus entgegen, welche behauptet, daß die Raumanschauung von allem Anfang an ein Ergebnis der individuellen Erfahrung sei. Zum Empirismus bekennt sich Helmholtz. Einzelne Empiristen lehren, daß aus den Lokalzeichen, die den gereizten Netzhautpunkten zukommen, verschlungene Reihen gebildet werden, die schließlich durch Erfahrung zu einer räumlichen Ausmessung führen. Andere (z. B. Helmholtz) weisen darauf hin, daß die räumliche Auffassung durch Erfahrungen beim Bewegen der Augen, des Kopfes und Leibes entstehe, wobei der Tastsinn die Bedeutung

---

tastend sofort erkannte, mit dem Auge zu erkennen; ich kann nicht sagen, was ich sehe, ich bin ganz dumm, bemerkte sie. Bei jedem Gegenstande erkundigte sie sich, wie man seine Farbe nenne. Am zwölften Tage bemerkte sie den blauen Himmel und erklärte ihn für das Hübscheste, was sie bisher gesehen; ein Herr mit weißer Weste, blauem Rock und gelben Knöpfen erschreckte sie so, daß sie ihren Bruder vom Trottoir herunterriß. Am achtzehnten Tage unterschied sie Farben, Formen und Bewegungen, wenn sie die Dinge auch nur selten bezeichnen konnte; dagegen besaß sie noch keine Spur von Schätzung der Entfernung. Sie griff wie ein Kind nach weit entfernten Gegenständen, während sie oft ganz nahe Dinge für weit entfernt hielt. Noch sechs Wochen nach der Operation konnte sie einen Gegenstand nicht fixieren und mußte oft lange ihren Kopf nach allen Seiten drehen, um den Gegenstand mit dem Blicke zu erhaschen und verlor ihn dann oft wieder. Ähnliche Erfahrungen machte Raehlmann an einem Patienten. Als dieser zum ersten Male in einen Spiegel sah, war er sehr verwirrt. Belehrt, daß er hier sein Bild sehe, und aufgefordert, sein Nase zu berühren, griff er zuerst nach dem Spiegel, dann hinter den Spiegel; und als man ihm dann seine Hand nach der eigenen Nase geführt, verfolgte er stundenlang seine Bewegungen im Spiegel mit dem größten Interesse. Ein Zündhölzchen hatte er bereits erkennen gelernt, aber zwei gekreuzte Zündhölzer konnte er nicht als solche bezeichnen. Sich selbst überlassen, machte er einmal folgende Sehstudie. Er nahm seinen Stiefel, betrachtete ihn genau und warf ihn dann von sich weg. Dann suchte er die Entfernung zu schätzen, ging einige Schritte auf den Stiefel zu und suchte ihn zu greifen; gelang dies nicht, so machte er noch einige Schritte, bis er am Ziele war. Es geht daraus hervor, daß die richtige Deutung der Gesichtsbilder erst möglich ist, wenn die Gesichtsvorstellungen mit Bewegungs-Vorstellungen verknüpft werden, daß also das Sehenlernen beim Blindgebornen in derselben Weise stattfindet wie beim Kinde, nur daß er sich dabei seiner anfänglichen Unzulänglichkeit deutlich bewußt wird, weil seine übrigen Sinne schon fertig ausgebildet sind, was beim Kinde nicht der Fall ist. Bei diesem fügt sich das allmähliche Verstehen der Netzhautbilder unter dem Einfluß fortgesetzter Erfahrung und Übung harmonisch in den gleichen Prozeß im Gebiete der anderen Sinne.

der wechselnden Bilder verstehen lehre. Nach unserer Meinung liegt in diesen Hinweisen eine wertvolle Erklärung der Entwicklung unserer Raumkenntnis, wenn auch kein Nachweis der Entstehung des Raumbewußtseins überhaupt.*)

Als sehr fein darf die räumliche Unterschiedsempfindlichkeit des ausgebildeten Sehsinnes gelten. Zwei Bilder werden, wie Versuche zeigten, noch als zwei Eindrücke unterschieden, wenn sie etwa 0,003 mm voneinander entfernt auf die Netzhaut fallen, was annähernd mit dem Durchmesser eines Zäpfchens des gelben Flecks (etwa 0,0025) übereinstimmt. Man darf daher vermuten, daß die Unterschiedsempfindung physiologisch an die Erregung von mindestens zwei Zäpfchen geknüpft ist. (Erinnert sich der Leser an die Empfindungskreise beim Tasten, von denen ähnliches vermutet wird?) Daß jedes Zäpfchen sein eigenes „Lokalzeichen" besitze, ist jedenfalls sehr wahrscheinlich.

Das ausgebildete Sehen vermittelt uns aber auch die Wahrnehmung eines bestimmten Abstandes der Dinge vom Auge, eine Tiefenwahrnehmung, d. h. eine dritte Dimension. Auch hinsichtlich des Zustandekommens der Tiefenwahrnehmung gibt es unter den Forschern Nativisten und Empiristen. Die Nativisten berufen sich darauf, daß der Mensch infolge einer erblichen Anlage alle Dinge nach außen, also in eine mehr oder weniger bestimmte Tiefe oder Entfernung verlegt. Auch geben die operierten Blindgeborenen an, sie sähen anfangs die Farbflächen gewissermaßen auf dem Auge liegen — mithin doch in einem Abstand. Daß natürlicherweise durch Bewegung des Leibes und Mithilfe des Tastsinnes, ferner durch Erfahrungen über die Bildgrenzen eine Entwicklung der Tiefenwahrnehmung aus der bloßen Anlage stattfindet, wird von niemand geleugnet. Die Empiristen weisen zur Bekräftigung ihrer Ansicht namentlich auf die Vereinigung der Erfahrungen des Muskelsinnes (bei körperlichen Bewegungen) und des Tastsinnes mit den Veränderungen des Bildanblickes hin, aus welchen schließlich Urteile über die Entfernungen der Dinge gewonnen werden.

---

*) Hierüber handeln u. a.: Cornelius, Die Theorie des Sehens und räumlichen Vorstellens, Halle 1861; Hering, Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges, in Hermanns Handbuch der Physiologie, III. Bd., 1. Abt.; Stumpf, Über den physiologischen Ursprung der Raumvorstellung, Leipzig 1873; Helmholtz, Die Tatsachen in der Wahrnehmung, Berlin 1879.

Erfahrungen über Perspektive (die Stellung der Grenzlinien entfernter Körper) und über den Schatten kommen hinzu. Sicher ist für die Ausbildung der Tiefenwahrnehmung die gedankliche Verknüpfung („Assoziation") zwischen dem Tasteindruck und dem Gesichtseindruck desselben Dinges von entscheidender Wichtigkeit. Eine Person beispielsweise, deren Größe das Kind durch Tastwahrnehmungen kennen gelernt hat, wird alsbald auch in einiger Entfernung am Anblick wiedererkannt werden, wenngleich das Bild sehr verkleinert sich darbietet. So lange diese gedanklichen Verknüpfungen fehlen, langt das Kind unbedenklich nach dem Monde und dem Kirchturm. Als wichtige Anhaltspunkte für die Entfernungsschätzung bei ausgebildetem Sehsinn bezeichnen uns die Physiologen die Muskelarbeit beim Akkommodieren und Konvergieren, sowie die Größe der gereizten Netzhautfläche (verglichen mit der bekannten Größe des Dinges). Eine eingehende Erörterung der darauf bezüglichen wichtigen Theorien würde uns jedoch zu weit führen.

Eine besondere Besprechung verdient die Frage nach den Bedingungen des Körperlichsehens der Dinge.

Das Kind lernt jedenfalls die Unterscheidung von Flächen (z. B. Tischplatte und Würfel) zuerst durch Tasten und verbindet dann diese Erfahrungen mit der Verschiedenheit der Gesichtsbilder von Flächen und Körpern. Dazu treten unterstützend die wechselnden Seitenansichten der Körper (z. B. Würfel), die als Bilder derselben Dinge erkannt werden, ferner die Erfahrungen über Schatten hinzu.

Physiologen lehren uns, daß zum Körperlich- oder Plastischsehen mäßig entfernter Gegenstände hauptsächlich das Sehen mit zwei Augen (das „binokulare" Sehen) führt.*) Die beiden Augen empfangen (vermöge des Abstandes der zwei Netzhäute) etwas verschiedene Bilder des plastischen Dinges (z. B. Würfels), so zwar, daß die beiderseitigen Bildgrenzen nur annähernd identisch sind. Diese nicht zum klaren Bewußtsein gelangende geringe Verschiedenheit der auf ein Ding bezogenen Doppelbilder ist es, welche beim Beschauen den Eindruck der Körperlichkeit (Plastik) hervorruft. Daß diese Behauptung richtig ist, zeigt ein Vergleich des zweiäugigen Sehens mit dem

*) Vgl. Mach, Populär-wissenschaftliche Vorlesungen, 2. Aufl., Leipzig 1897 (VI).

Anblick im Stereoskop. In das Stereoskop wird bekanntlich ein Doppelbild eingelegt, dessen Hälften zwei gesonderten Aufnahmen von ganz nahen Standorten aus entstammen. Die beiden stereoskopischen Bilder decken sich hinsichtlich der Konturen (Grenzlinien) nicht völlig, doch ist diese Verschiedenheit beim gewöhnlichen Betrachten unmerklich. Blicken wir nun durch die Gläser des Stereoskops, welche die Eigenschaft haben, die beiden Bilder auf dasselbe Sehfeld zu verlegen, so sehen wir das vereinigte Bild plastisch. Die Bäume der Landschaft stehen fast wie in Wirklichkeit vom Hintergrunde losgelöst da, die Häuser bilden deutliche Vierkante usw. Genau so verhält sich das menschliche Doppelauge! Gibt man bedeutend verschiedene Bilder desselben Dinges in das Stereoskop, so findet keine Verschmelzung zu einem Gesamteindruck statt — gerade so wie bei den Augen, wenn durch Schielen oder künstliche Hindernisse zwei zu wenig sich deckende Bilder auf die Netzhäute gebracht werden.

Bei dieser Gelegenheit sei noch der Erscheinung des „Wettstreites der Sehfelder" Erwähnung getan. Blickt man durch ein Stereoskop, in das man stark verschiedene Bilder (z. B. einen senkrechten Strich links, einen wagrechten Strich rechts) eingelegt hat, so stellt sich die Erscheinung ein, daß je nach Richtung der Aufmerksamkeit abwechselnd das linke oder das rechte Bild zur Auffassung kommt. Bei genügender Übung in solchen Versuchen kann auf kurze Zeit eine Vereinigung der Bilder zu einem einheitlichen Eindruck (z. B. zu einem Kreuz aus den Strichen) gelingen. Dieser Wettstreit verschiedener Sehfelder tritt auch beim Doppelauge ein, wenn wir beispielsweise ein Trinkglas mit einem Auge unmittelbar, mit dem anderen durch eine ablenkende Linse erblicken. Je nach der Richtung der Aufmerksamkeit erhält dann das eine oder andere Bild die Oberhand.

Zu den Besonderheiten des Sehsinnes gehört auch unser Verhalten hinsichtlich des b l i n d e n F l e c k s. Der blinde oder weiße Fleck (auch Papille genannt) ist, wie bemerkt, jene Stelle der Netzhaut, wo der eintretende Sehnerv die Stäbchen- und Zäpfchenschicht unterbricht. Da nun Lichtstrahlen, welche direkt auf die Nervenfasern fallen, keine Erregung derselben bewirken, so ist jener Fleck tatsächlich „blind". Man kann sich von dieser Tatsache durch den berühmten Mariotteschen Versuch (der Physiker E. Mariotte lebte 1620—1684) überzeugen, der in folgender Weise durchgeführt wird. Man zeichnet auf ein

Papierblatt zwei linsengroße Zeichen (wie auf Fig. 19), etwa 6 cm voneinander entfernt, schließt sodann das rechte Auge und blickt mit dem linken Auge in 30 cm Abstand das Zeichen rechts an. Hierbei verschwindet der Punkt links, weil sein Bild gerade auf den blinden Fleck auffällt. Bequemer läßt sich der Versuch mit einer doppelt so großen Zeichnung (Punkt und Kreuz wie ein Pfennigstück) ausführen, nur hat man das Blatt dann weiter vom Auge weg zu halten. Auf etwa 2 m Entfernung kann durch den blinden Fleck der Kopf einer Person zum Verschwinden gebracht werden.

Gleichwohl empfinden wir unter gewöhnlichen Umständen keinen Ausfall im Gesichtsbilde. Blicken wir beispielsweise gegen den blauen Himmel, so merken wir von einem oder zwei dunklen Flecken (entsprechend den blinden Stellen der Netzhäute) nicht das Geringste. Wir müssen daher annehmen, daß der blinde Fleck durch die psychische Tätigkeit der Phantasie ausgefüllt wird. Die Ausfüllung findet nämlich regelmäßig im Sinne der größten Wahrscheinlichkeit statt, in blauen Flächen blau, in gemusterten Flächen mit einer Fortsetzung des Musters, in allen Flächen so, daß die Störung des Bildes nicht bemerkt wird. Die innerhalb der Stammesgeschichte vom Menschen erworbene Anlage zur Ausfüllung des blinden Flecks durch Phantasie wird von folgenden Umständen wesentlich unterstützt: Da wir dieselbe Fläche mit zwei Augen, und zwar meist direkt, anblicken, so verbessert das eine Auge den Mangel des anderen. Auch halten wir die Augen unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht ruhig, wie beim Mariotteschen Experiment, sondern lassen sie, ohne es zu merken, wiederholt rasch über die beobachtete Fläche hin und her wandern. Denkt man endlich noch daran, daß die dem weißen Fleck benachbarten Zäpfchenreihen beim Anblicken des Himmels im Sinne von Blau erregt sind, so verliert die Tatsache der Ausfüllung der nicht gesehenen Stelle im Gesichtsfelde ihre Unbegreiflichkeit.

● ✚

Fig. 19. Mariottescher Versuch.

10. Das zeitliche Merkmal des Gesichtsbildes.

Das zeitliche Merkmal der Sehsinnes-Empfindung — ihre Dauer — ist einerseits von der Zeit der Reizung, andrerseits

von physiologischen, endlich auch von psychologischen Umständen (der Aufmerksamkeit) abhängig. Als eigentümliche Erscheinung physiologischen Ursprunges werden wir die „Nachbilder" kennen lernen, welche ermöglichen, daß wir gewisse, außerordentlich kurz währende Reize (elektrische Blitze, rasch vorbeifliegende Vögel) aufzufassen vermögen.

Hinsichtlich der Genauigkeit der unmittelbaren Zeitschätzung steht der Sehsinn dem Hörsinn weitaus nach, doch bedient sich die künstliche Zeitmessung in erster Linie des Sehsinnes, weil derselbe in der räumlichen Bestimmung am feinsten ist und die Zeit durch räumliche Abschnitte gemessen zu werden pflegt. An den Uhren mißt nämlich das Auge die Zeit durch räumliche Einheiten (Winkelweiten) ab.

11. Die Kontrasttäuschungen.

Die Täuschungen des Sehsinnes können sich auf den Farbenton, die Leuchtkraft, das räumliche und das zeitliche Merkmal beziehen. Alle Sinnestäuschungen auch dieses Sinnesgebietes haben, wie wir sehen werden, ihren Entstehungsgrund in der Ungewöhnlichkeit der Bedingungen, unter welchen die betreffende Wahrnehmung zustande kommt.

Besonders deutlich zeigt sich der Entstehungsgrund bei den Qualitätstäuschungen, die man als Kontrasterscheinungen bezeichnet.*) Gewisse gleichzeitig oder nacheinander gesehene Farbentöne haben nämlich die Besonderheit, sich gegenseitig in der Empfindungsqualität zu verändern und zwar findet man Gleichzeitigkeits- (oder simultane) Kontraste und Abfolge- (oder sukzessive) Kontraste. Am besten werden wir die Erscheinungen, um die es sich hier handelt, durch einige praktische Beispiele klar machen:

a) Betrachtet man einen zwei Finger breiten grauen Papierstreifen, an dessen beiden Rändern weiße Bogen liegen, so erscheint das Grau dunkler als ohne diese Nachbarschaft. (Beobachtung Fechners.) Umgekehrt erhält jener Streifen eine lichtere Nuance, wenn er von schwarzen Bogen eingeschlossen wird. Nähert man einem grauen Bogen weiße oder schwarze Blätter von beiden Seiten, so kann man ein Dunkler- oder Lichterwerden des Grau beobachten. (Simultane Kontraste.)

*) Zuerst genauer von Brücke im Jahre 1850 untersucht.

Fechner hat einen ähnlichen Versuch mit Doppelschatten angegeben.

b) Im Grunde dieselbe Erscheinung liegt vor, wenn wir aus einem hellen Zimmer in ein dunkles treten und letzteres noch weit dunkler finden, als es bei längerem Verweilen darin zu sein scheint. Umgekehrt empfinden wir selbst schwaches Licht, z. B. das Leuchten (Phosphoreszieren) eines Johanniswürmchens, auffallend lebhaft, wenn unsere Augen eine Zeitlang bloß Dunkles zur Umgebung hatten. (Sukzessiver Kontrast.)

c) Legt man auf roten Grund ein graues Schnitzel (am besten einen Papierring von Talergröße) und bedeckt das Ganze mit weißem, durchscheinenden Papier, so erhält das Grau einen deutlich grünen Stich. Nimmt man eine große rote Grundfläche (1 qm), so kann man das graue Ringlein auch ohne Bedeckung grünlich sehen. — Ein graues Schnitzel auf grünem Grund erscheint rötlich, auf gelbem Grund bläulich, auf blauem Grund gelblich. (Versuche Hermann Mayers.) Es findet somit eine Nuancierung des Grau in die Komplementärfarbe zur Farbe des Grundes statt. (Simultaner Kontrast.) Dem Leser sei die Anstellung dieser anregenden Versuche empfohlen.

Gleicher Art ist die Erscheinung, daß ein Kerzenlichtschatten auf weißem Grunde bläulich aussieht, wenn man diesen Schatten mit schwachem Sonnenlicht beleuchtet, ferner, daß der Schatten eines sattroten Lampenlichtes grüne Ränder zeigt. Ganz allgemein kann gesagt werden, daß Spektralfarben durch das Nebensetzen des komplementären Farbentones an Sattheit gewinnen.

d) Nach längerer Betrachtung einer grellroten Fläche erscheint ein mattes Grau, Weiß oder Gelb ins Grün spielend; ebenso wird ein fast weißes elektrisches Bogenlicht bläulichviolett empfunden, wenn wir vorher durch einige Minuten gelbliche Gasflammen betrachtet haben. Es findet also auch bei einer Abfolge (Sukzession) der Farbeneindrücke eine Veränderung des später gesehenen Farbentones nach der Gegenfarbe bezw. Komplementärfarbe hin statt.

e) Wilhelm Wundt hat darauf aufmerksam gemacht, daß eine weiße Fläche auf dunkelfarbigem Untergrund von einem dunklen Rand umgeben zu sein scheint (Randkontrast), schwarze Kreisflächen zeigen dagegen eine weißliche, rote eine grünliche Einsäumung usw.

Für die Erklärung der Kontrasterscheinungen gibt es mehrere Hypothesen (wissenschaftliche Annahmen). Fechner findet ihren Grund in der Ermüdung der Netzhaut für eine Farbe, wodurch die Gegenfarbe als Bestandteil von Weiß oder Grau mehr zur Wirkung kommt. Ist beispielsweise die Netzhaut für Rot ermüdet, so wirken die im Weiß enthaltenen Rotstrahlen vergleichsweise weniger, die Grünstrahlen jedoch vergleichsweise mehr, weshalb das Weiß mit einem Stich ins Grüne empfunden wird. Das Gleiche gilt für die Kontrastveränderung des Grau. — Bei den Licht-Dunkel- und Weiß-Schwarzkontrasten ist die im ganzen ermüdete Netzhaut die Ursache, daß wir das Dunkel oder Schwarz, in dem sich die Netzhaut erholt, verstärkt empfinden; umgekehrt überschätzen wir mit einer ausgeruhten Netzhaut das ermüdende Licht oder Weiß. Helmholtz denkt bei den sukzessiven Kontrastvorgängen an die Ermüdung der einzelnen Nervenfibrillen, Hering an den starken Verbrauch einer der Sehsinn-Substanzen. Für den simultanen Kontrast hat Helmholtz eine psychologische Erklärung aufgestellt, indem er eine Urteilstäuschung annahm. Das kleine graue Schnitzel wird auf dem großen roten Grunde irrigerweise in einen noch größeren Gegensatz zu Rot gesetzt, als Grau darstellt, nämlich in die Grün-Gegenfarbe.

Auch Wundt versucht für den simultanen Kontrast eine psychologische Erklärung, indem er den Kontrast als Spezialfall des allgemeinen Beziehungsgesetzes deutet.

Wir neigen gleichfalls zu einer psychologischen Erklärung des Kontrastes. Das Grau beispielsweise stellt eine unerwartete Störung der großen roten Fläche dar und verleitet das Urteil, diese störende Farbe für den äußersten Qualitätsgegensatz zu Rot, also für Grün zu halten. Daß die Täuschung schwindet, wenn wir das graue Schnitzel durch ein Rohr betrachten oder wenn wir es mit Tinte einrahmen, verträgt sich sehr wohl mit unserer Deutung. Die Annahme einer so raschen Ermüdung der sonst viele Stunden lang unterscheidungsfähigen Netzhaut hat jedenfalls große Unwahrscheinlichkeit.*)

*) Eine seines Wissens noch nicht mitgeteilte Beobachtung hat der Verfasser unlängst an zwei Linienblättern gemacht. Das eine Blatt mit dicken schwarzen Strichen auf weißem Grund zeigte an den Kreuzungsstellen der Striche lichte Flecke; das zweite Blatt war mit weißen Linien auf schwarzem Untergrund bedeckt und wies dunkle (mittelgraue)

Näher auf diese Fragen einzugehen, verbietet uns leider der Raum. Auch der Gesichtspunkt, daß die Verschärfung der Gegensätze durch Kontrastwirkung für manche (namentlich niedere) Tiere zur Lebenserhaltung nützlich ist, kann hier nur angedeutet werden.

Zu den Qualitätstäuschungen rechnen wir außer den Kontrasten weiter die schon besprochene Ausfüllung des blinden Flecks, welche erfolgt, ohne daß der zugehörige Reiz wirklich vorhanden wäre.

Minder bedeutsam sind für uns die Intensitätstäuschungen auf dem Sehsinnes-Gebiete; sie beanspruchen vorwiegend physiologisches Interesse.

12. Die Raumtäuschungen des Sehsinnes.

Überaus vielfältig und praktisch wichtig sind die Raumtäuschungen, nämlich die irrigen Abschätzungen der Streckendistanz, der Winkelweite, der flächenhaften und körperlichen Ausdehnung, sowie der Tiefenlage. Man hat diese Täuschungen auch als Makroskopie (Zugroß-Sehen) und Mikroskopie (Zuklein-Sehen) bezeichnet.

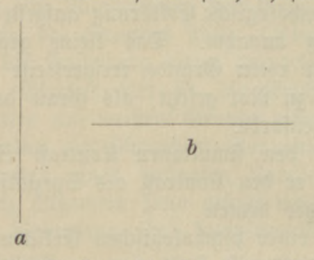


Fig. 20. Strecke *a* wird größer als *b* geschätzt.

Aus der übergroßen Zahl der Täuschungen über Linienabstände (erste Art) heben wir folgende charakteristische heraus:

1. Von zwei in Wirklichkeit gleichlangen Linien halten wir die senkrechte für länger als die wagrechte. Dem Leser wird empfohlen, die Striche in einer Länge von 30—40 cm auf einen großen Bogen oder eine Tafel von etwa $1/2$ qm Größe zu ziehen. Bei so kurzen Linien, wie die in Fig. 20 gezeichneten, ist das Augenmaß sehr genau und wirkt die Täuschung erst bei längerem Betrachten. — Der Grund für diese Schätzungstäuschung liegt darin, daß die abmessende Augenbewegung von oben nach unten etwas schwieriger vor

---

ziemlich viereckige Flecke gleichfalls an den Linienkreuzungen auf. Diese Kontrasttäuschungen scheinen dem Verfasser die psychologische Erklärung unabweisbar zu machen.

sich geht als die Bewegung von links nach rechts. (Bei der Augenwendung von oben nach unten wirken nämlich nur zwei Muskeln, bei jener von links nach rechts vier Muskeln mit.) Die größere Schwierigkeit beim Durchlaufen der Distanz wird irrig auf eine größere Länge der Strecke zurückgeführt. (Urteilstäuschung.)

Gleicher Art ist der Fehler, welchen Anfänger im Zeichnen begehen, indem sie Quadrate nach dem Augenmaße zu niedrig (also zu breit) machen. Auch werden gleichseitige Dreiecke leicht für überhöht gehalten.

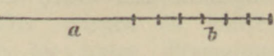


Fig. 21. Die geteilte Hälfte *b* erscheint größer als *a*.

2. Wenn wir eine Strecke halbieren und die eine Hälfte neuerdings durch Merkzeichen (z. B. Strichlein) mehreremale teilen, so erscheint die wiederholt geteilte Hälfte größer als die ungeteilte (Fig. 21). Dies geschieht deshalb, weil die geteilte Hälfte mit ihren zahlreichen Einzelheiten mehr Mühe des Betrachtens verursacht, als die ungestört einfache Hälfte. Auch spielt hier die irreleitende Vermutung herein, daß zur Unterbringung dieser vielen kleinen Teilstrecken nebst deren Merkzeichen mehr Raum nötig sei, als die Hälfte der Gesamtstrecke.

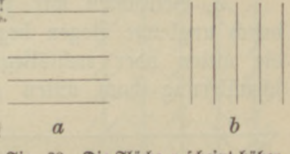


Fig. 22. Die Fläche *a* scheint höher, die Fläche *b* breiter als ein Quadrat.

Der gleichartige Täuschungsfall (Fig. 22) liegt vor, wenn wir die durch Querstriche erfüllte Quadratfläche für zu hoch, die durch Längsstriche erfüllte für zu breit halten. (Bei *a* ist die Abmessung von oben nach unten, bei *b* jene von links nach rechts durch Striche geteilt, vgl. Fig. 22.)

Eine weitere Variante liegt darin vor, daß wir die unterteilte Hälfte eines rechten Winkels hinsichtlich der Gradweite überschätzen und zwar so, daß die gemeinsame Basis (von rechts oben gesehen) geknickt erscheint (Fig. 23).

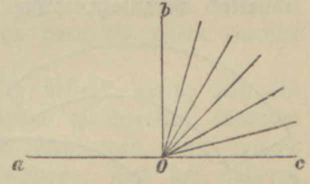


Fig. 23. Der Winkel *b 0 c* erscheint größer als ein Rechter.

Markieren wir die Hälften *a* und *b* einer Strecke in so auffallender Weise, daß wir damit die zusammenfassende Betrachtung der linken Hälfte erschweren, dagegen jene der rechten

Hälfte erleichtern, so wird die linke Hälfte zu groß geschätzt (Fig. 24). Nach Auerbach verleitet die größere Fläche bei *a* den Betrachter, auch die Mittellinie darin für größer zu halten als die Mittellinie der kleineren Fläche bei *b*.

Wir können für Teilstrecken und Winkelschätzungen ganz allgemein das Gesetz aufstellen, daß die vergleichsweise erhebliche Schwierigkeit des Betrachtens eines Teiles eine irrige Größenschätzung desselben verursacht, während die erhebliche Erleichterung des Betrachtens zur Kleinerschätzung des Teiles verleitet.

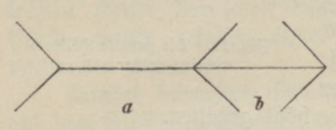


Fig. 24. Die sog. Müller-Lyersche Figur. Die Hälfte *a* wird überschätzt gegen *b*.

3. Betrachten wir zwei schmale Trapeze (Fig. 25) oder durch ungleiche Bogen begrenzte Streifen (Fig. 26), so scheint die unten oder rechtsliegende Figur größer, wenn die Verschmälerung nach unten oder rechts erfolgt. Den Anlaß zu diesem Schätzungsirrtum gibt die unbewußte Erwartung einer Fortsetzung der Verschmälerung des *a*. Die Enttäuschung der Erwartung durch Auftreten der Langseite von *b* wirkt als psychischer Kontrast, der die Überschätzung der letzteren Seite und des ganzen Flächeninhaltes veranlaßt. Die Täuschung schwindet sofort, wenn man die Figuren mit den Kurzseiten entsprechend gegeneinander stellt. (Hier ist die Täuschung erst drastisch, wenn man die Figuren etwa zehnmal so groß aus weißem Papier ausschneidet und, auf dunklen Grund gelegt, in $^1/_2$ m Entfernung betrachtet.)

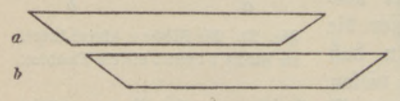


Fig. 25. Figur *b* scheint größer als *a*.

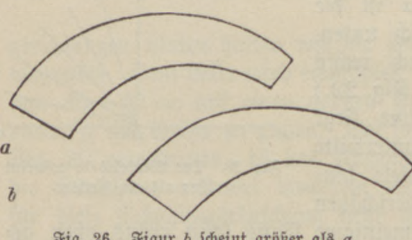


Fig. 26. Figur *b* scheint größer als *a*.

Zur selben Gattung von Täuschungen gehören die in Fig. 27 und 28 ersichtlichen. (Nach Wilh. Wundt.) In Fig. 27

hält man die rechte untere Linie für die Fortsetzung der oberen, während in Wirklichkeit das linke untere Stück dazu gehört. In Fig. 28 erscheint die quergezogene Linie im zweiten und dritten Stück nach abwärts gezogen, was jedoch Täuschung ist.

Sehr bekannt ist das in Fig. 29 wiedergegebene Zöllnersche Muster, bemerkt im Jahre 1860 vom Naturforscher Zöllner an einer Tapete. Bei diesem Muster erregen die schiefen Striche (wie bei obigen Trapezen) die irrige Vermutung einer fortgesetzten Verschmälerung des Zwischenraumes, gegen welche Erwartung das Gleichlaufen der senkrechten Linien einen Kontrast bildet. Der letztere verleitet nun, die zwei ersten Linien für unten zusammenlaufend, die zweite und dritte Linie

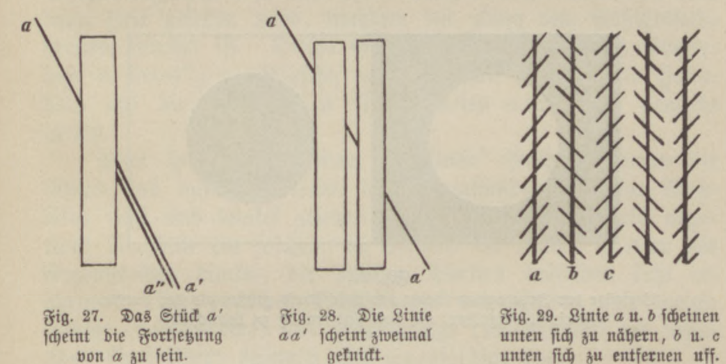


Fig. 27. Das Stück a' scheint die Fortsetzung von a zu sein.

Fig. 28. Die Linie aa' scheint zweimal geknickt.

Fig. 29. Linie a u. b scheinen unten sich zu nähern, b u. c unten sich zu entfernen usf.

für oben zusammenlaufend usf. anzusehen, obwohl sämtliche senkrechten Linien in Wirklichkeit von oben bis unten parallel bleiben.

4. Eine eigenartige Täuschung besteht darin, daß ein leerer Kreis im Vergleiche zu einem gleichgroßen schmalen Ringe im Flächeninhalte überschätzt wird, weil man unwillkürlich die beiderseits freien Innenräume, statt der äußeren Grenzen vergleicht.

5. Einen „Krümmungskontrast" hat der Psychologe Alois Höfler nachgewiesen: Eine Gerade, die an eine Krumme sich anschließt, kann bei geeigneter Zeichnung als im entgegengesetzten Sinne gekrümmt erscheinen. Die Geraden eines Quadrates, das in einen Kreis eingeschrieben ist, erscheinen oft leicht einwärts gebogen.

6. Zu den räumlichen Gesichtstäuschungen haben wir die Erscheinung der „Irradiation“ zu rechnen (Fig. 30). Mit diesem Namen bezeichnet man seit Kepler die Tatsache, daß ein sehr helles (z. B. weißes) Ding auf sehr dunklem (z. B. schwarzem) Grunde größer, dagegen ein dunkles Ding auf lichtem Grunde kleiner erscheint als in Wirklichkeit. Auf die Irradiation ist es zurückzuführen, daß wir die Fixsterne auf dem dunklen Nachthimmel als strahlig eingesäumte (sehr kleine) Flächen sehen, dagegen feine Fäden im Sonnenschein oder Drähte auf der stark erleuchteten Bühne nicht wahrnehmen.

Die Ursache der Irradiationserscheinung ist eine physiologische. Das auf der Netzhaut anlangende Bild eines Punktes



Fig. 30.
Vermöge der Irradiation scheint der helle Kreis größer als der dunkle.
(Zweimal vergrößert auf 2 m Entfernung zu betrachten!)

ist infolge der nicht ganz regelmäßigen Strahlenbrechung im Auge eine kleine Ellipse („Zerstreuungskreis“ genannt). Deshalb sehen wir kleine schwarze Punkte auf leuchtendem Grunde nicht, weil die Zerstreuungskreise der leuchtenden Punkte ineinander übergreifen, so daß das Bild des dunklen Punktes auf der Netzhaut verwischt wird. In gleichartiger Weise erklärt sich das Größersehen eines Fixsternes auf dem blau-schwarzen Nachthimmel.

7. Von den Täuschungen im Stereoskop haben wir bereits früher gesprochen.

8. Eine besondere Gruppe der Täuschungen stellen die Bewegungstäuschungen dar. Altbekannt ist die Beobachtung, daß vom dahineilenden Eisenbahnzuge aus die Telegraphenstangen, Planken und die Steine des Bahnkörpers vorüberzufliegen scheinen, der Zug aber als stillestehend empfunden wird. Um-

gekehrt glaubt man in rascher Fortbewegung begriffen zu sein, wenn man von einer Brücke aus auf den entgegenfließenden Strom blickt, während die Wassermassen für nahezu unbeweglich gehalten werden. Es war ein Zeichen besonderer Klugheit, daß der französische Gelehrte P. Gassendi schon als Kind erkannte, daß nicht der Mond hinter den Wolken vorbeieile, sondern umgekehrt die Wolken das Bewegte seien.

13. Die Nachbilder.

Zugleich räumliche als auch zeitliche Gesichtstäuschungen stellen die Nachbilder dar. Als „Nachbild" bezeichnen wir die Erscheinung, daß das Bild eines Dinges unter Umständen noch kurze Zeit gesehen wird, nachdem das Ding dem Gesichtsfelde bereits entrückt ist. Dieses Gebiet hat namentlich der Physiologe v. Kries*) durchforscht, nachdem schon Fechner und Helmholtz auf die verschiedenen Nachbildarten aufmerksam gemacht hatten.

Man spricht von einem „positiven" Nachbild, wenn die lichten und dunklen Stellen des Gegenstandes auch im Nachbilde licht und dunkel gesehen werden; dagegen gilt als negatives Nachbild ein solches, in welchem die lichten Partien des Gegenstandes dunkel, die dunklen Partien desselben licht erscheinen. Bei positiven Nachbildern unterscheiden wir gleichfarbige (homochrome) und gegenfarbige (antichrome); bei negativen Nachbildern kommen nur gegenfarbige vor.

Sehr häufig verläuft der Nachbildprozeß in der Weise, daß nach Entfernung des fixierten Dinges oder beim Schließen der Augen ein positiv-gleichfarbiges Nachbild erscheint, welches rasch in ein negatives gegenfarbiges übergeht, um dann abzublassen und zu verschwinden. Als praktische Beispiele heben wir folgende hervor:

a) Wer lange ein mikroskopisches Präparat oder ein gut beleuchtetes Häuschen betrachtet, wird oft beim Schließen der Augen oder beim Ablenken des Blicks auf eine graue Wand das Bild jener Gegenstände noch einige Sekunden lang im Gesichtsfelde haben, bis es abblaßt und verschwindet. Altbekannt ist die Erfahrung, daß man häufig, vom Schreibtisch

---

*) Vgl. dessen Arbeiten in der Zeitschrift für Psych. u. Phys. d. Sinn.-Org. Bd. XII.

aufsehend, unbewußt das lichte Fenster fixiert und beim Rückwenden des Blicks auf das weiße Papier überrascht die dunkle Figur des Fensterkreuzes vor sich wahrnimmt. Solche Nachbilder sind in der Regel positiv-gleichfarbige, d. h. das Fensterkreuz erscheint dunkel, die Scheibe hell und zwar in den natürlichen (wenngleich matten) Farben.

b) Nach einem Blick direkt gegen die unverhüllte Sonnenscheibe pflegen wir das Sonnenbild in Gestalt eines schwarzen runden Flecks mit feurigem Rand noch eine halbe Minute lang im Gesichtsfelde zu haben. (Negatives, zugleich gegenfarbiges Nachbild.) Der dunkle Nachbildfleck scheint über den sonst gesehenen Dingen zu schweben und sich nach der Seite der Augenbewegung hinzuwenden, um dort zu entschwinden. Hierauf taucht meist noch mehrere Male ein neuer, schwächerer Fleck auf, bis die ganze Erscheinung ihr Ende erreicht. (Die Bewegung des Flecks ist nichts anderes als die Bewegung des Augapfels.)

c) Betrachten wir längere Zeit eine intensiv rote Scheibe, so sehen wir bei plötzlicher Entfernung derselben (auf weißem oder grauem Hintergrunde) eine grüne Scheibe, also ein komplementärfarbiges Nachbild. Dem Leser sei empfohlen, aus grellrotem Papier ein Scheibchen von der Größe eines Daumennagels auszuschneiden, auf weißes Papier zu legen und das Scheibchen etwa 30 Sekunden lang starr anzublicken. Bei Wegwendung des Blickes auf eine andere Papierstelle erscheint sofort ein gleichgroßes hellgrünes Scheibchen mit lichterem Rand. Die Fixierung eines grellgelben Scheibchens liefert ein blaues Nachbild. (Positives, gegenfarbiges Nachbild.)

d) Eine Nachbilderscheinung liegt ferner darin, daß wir einen rasch geschwungenen feurigen Punkt (brennende Zigarre, Blitz am Himmel) für eine feurige Linie halten. Auf Nachbildern beruhen ferner die Täuschungen des „Kinematographen", welcher Apparat eine große Anzahl von Photographien so rasch vor dem Auge vorbeiführt, daß der Beschauer ein einziges Bild mit bewegten Personen vor sich zu haben glaubt. Minder vollkommene derartige Apparate, welche Bewegung vortäuschen oder getrennte Dinge zu vereinigen scheinen, kannte man schon früher unter dem Namen Dädaleum (von Horner, aber schon dem römischen Dichter Lucretius bekannt), Stroboskop (von Stampfer), Phänakistoskop (von Plateau) und Thaumatrop oder Wunderscheibe (von Paris).

Die Erklärung der Nachbilder liegt auf physiologischem Gebiete. Die starke Erregung oder Überreizung der Netzhaut kann einige Zeit nachdauern und so den Schein erwecken, daß der Gegenstand noch vorhanden sei. Geht die Erregung ziemlich plötzlich in Ruhe über, so wird diese Ruhe irrigerweise als Reiz der Gegenfarbe gedeutet, d. h. einer Kontrastüberschätzung unterworfen. Das Nachbild selbst verdient dann die Bezeichnung Sinnestäuschung, wenn dasselbe für das Bild eines vorhandenen Gegenstandes der Außenwelt gehalten, also ein falsches Urteil über ein Ding gefällt wird. Oft ist sich jedoch der Beschauer alsbald völlig darüber im klaren, daß er ein im Auge erzeugtes Bild vor sich habe (z. B. das negative Sonnenbild) und unterliegt nur insoweit einer Sinnestäuschung, als er im Augenblicke des Auftauchens des Nachbildes die Ursache der Erscheinung nach außen verlegt. Es kann nicht bezweifelt werden, daß die Nachbilderscheinungen im gewissen Sinne ein Mangel unserer Seheinrichtungen sind, allein ohne jeden Nutzen für die Lebenserhaltung sind die Nachbilder nicht. Das regelmäßige Aufeinanderfolgen sehr scharf sich abhebender Lichter und Farben würde das Organ sowohl wie auch die Aufmerksamkeit übermäßig ermüden, während die unbemerkten Milderungen der Gegensätze dem ganzen Wechsel der Eindrücke einen ruhigeren Fluß verleihen. In diesem Punkte sind also die Nachbilder das Gegenstück zu den verschärfenden Kontrasten. Aber noch eine andere bedeutsame Rolle kommt den Nachbildern zu: sie ermöglichen die Auffassung sehr kurzer intensiver Reize, z. B. der elektrischen Funken, die ohne Nachwirkungen gar nicht zum Bewußtsein kämen.

Eine noch nicht befriedigend erklärte Beobachtung ist das „farbige Abklingen“ der Nachbilder, welches Fechner und Wundt beschrieben haben. Die Reihenfolge der Farben wird oft in folgender Weise angegeben: Weiß, Grünlich-Blau, Indigo, Violett oder Rosa, graulichas Orange.

Mit den vorwiegend physiologisch begründeten Nachbildern dürfen nicht die Fechnerschen Erinnerungsnachbilder verwechselt werden, welche zur Klasse der Halluzinationen gehören. Fechner sah oft nach mehreren Stunden erst wissenschaftliche Apparate wieder auftauchen, mit denen er sich andauernd beschäftigt hatte. Erinnerungsnachbilder ändern ihren Ort nicht, wenn die Augen bewegt werden, und haben deshalb ihren Entstehungsort vermutlich in dem Hirnzentrum.

14. Erscheinungen bei ungleichartigen Reizen.

Ungleichartige, unangemessene oder inadäquate Reize, welche im Sehsinnes-Gebiete eine Rolle spielen, sind vor allem elektrische Ströme, welche das Organ durchlaufend, bei ihrem Öffnen und Schließen Lichtblitze auslösen. Einen mechanischen Reiz stellt die Durchschneidung des Sehnerven dar, während welcher eine starke Flammengarbe aufleuchtet, ferner die Überanstrengung der Akkommodationsmuskeln, welche feurige Reifen im Gesichtsfeld hervorruft.

Der Verfasser selbst nimmt sehr deutlich vorbeischießende, lichte Fleckchen im Gesichtsfelde wahr, wenn er in das leere Mikroskop oder gegen den hellen Himmel blickt. Die Fleckchen sollen nach Broissier die bewegten Blutkörperchen in den Gefäßen der Netzhaut sein. Manche Personen sehen zeitweilig die Schatten ihrer Netzhautgefäße und gewisse Trübungen des Glaskörpers. Kleine, dunkle Flecken, welche rasch das Gesichtsfeld passieren, hat man mouches volantes (französisch, d. h. fliegende Mücken) benannt; sie kommen bei Personen mit erkrankten oder überanstrengten Augen häufig vor.

Zu den Lichterscheinungen aus inneren Reizquellen (z. B. Blutwallungen) gehören auch die „Phantasmen" Goethes, Johannes Müllers, Fechners und Ruetes. Goethe konnte, wie bekannt, bei geschlossenen Augen das Bild einer aus der Mitte aufquellenden Blume halluzinieren, und Johannes Müller erzählt in seiner Schrift über phantastische Gesichtserscheinungen, daß er oft vor dem Einschlafen fremde Menschen, Tiere, Landschaften und allerlei feurige Figuren gesehen habe. Diese lebhaften Einbildungen haben bei Johannes Müller (einem hochberühmten Physiologen) in späterer Zeit einen krankhaften Charakter erhalten und wahrscheinlich zu den Ursachen seines Selbstmordes gezählt.

Bei dieser Gelegenheit sei an die Halluzinationen erinnert, an welchen die vom Säuferwahnsinn (lateinisch delirium tremens) behafteten Personen leiden. Am Beginne dieses krankhaften Zustandes sieht der Säufer zahlreiche Mücken vor seinen Augen vorbeihuschen; bei Verschlimmerung des Zustandes im Vollrausche stellen sich dann die Bilder von Mäusen oder Fledermäusen, später solche von Ratten ein. Dazu gesellt sich oft das schreckliche Phantom von immer zahlreicher herbeiraschelnden Tieren, welche den Leib benagen.

15. Die Gefühls- und Willensbeziehungen des Sehsinnes, Farbenharmonie und Farbenhören. Abschließende Bemerkungen.

Die Sehsinn-Erscheinungen sind, wie wir alle wissen, sehr häufig von angenehmen und unangenehmen Gefühlen begleitet, die mit dem Inhalte des Wahrgenommenen zusammenhängen. Allein auch die Licht- und Farbeneindrücke für sich sind zuweilen gefühlsbetont. Trifft ein Lichtreiz von sehr großer Stärke das Auge unvorbereitet, so kann die Blendung schmerzhaft sein und auch längeren Kopfschmerz wachrufen. Doch verursachen bereits sehr schreiende Farben und Farbenzusammenstellungen feinfühligen Beschauern „ästhetische" Unlust, dagegen gewisse Nuancenreihen und Nebenstellungen verschiedener Farbentöne ästhetische Lust. Wir müssen dabei nicht an künstlerische Gemälde allein denken. Die wunderbare Pracht eines Kaleidoskops (welches Sterne aus farbigen Glasstücken zeigt) oder eines farbigen Springquells (griechisch Kalospinthechromokrene) verdient die Bezeichnung schön. Der Physiologe Brücke fand, daß vergleichsweise kleine und vergleichsweise große Farbengegensätze die wohlgefälligsten Paare liefern*) und Goethe nahm keinen Anstand, die Farben nach ihrer Gefühlswirkung in eine „Plusseite" erregender und eine „Minusseite" herabstimmender Farben einzuteilen.

Zu weitgehenden, nicht immer in streng wissenschaftlichen Grenzen sich haltenden Betrachtungen hat der Vergleich der Farbenwelt mit der Tonwelt Anlaß gegeben.

Schon im 18. Jahrhundert hatte der Physiker Castell den Gedanken einer „Farbenharmonie" in Anpassung an die Tonharmonie näher ausgeführt und ein Instrument aus zwei Scheiben hergestellt, welches die beliebige Anreihung harmonisch wirkender Farben ermöglichte. Chevreuil, Radicke und namentlich Unger verfolgten diese Ansätze weiter und gelangten zu Farbenskalen mit Oktaven mit je sieben Tönen. Chevreuil hat ein großes

---

*) Brücke, Die Physiologie der Farben für die Zwecke der Kunstgewerbe dargestellt. Leipzig 1866.

Anderer Ansicht ist der bekannte Meister des Städtebaus Camillo Sitte (gest. 1903), welcher in einer Abhandlung über Farbenharmonie (im Zentralblatt f. d. gewerbl. Unterrichtswesen, Wien 1900) neue wohlgefällige Farbenpaare angibt. Ihm schließt sich in der Hauptsache Dr. H. Schmidkunz (im Pädagog. Archiv 1901, S. 559) an.

Buch über harmonische und disharmonische Farbenakkorde geschrieben, welches auch für Künstler und Kunstgewerbetreibende Interesse und Wert besitzt. Nach Chevreuil wirken z. B. die Zusammenstellungen Rot-Grün, Blau-Orange, grünliches Gelblichtes Violett, Blau-Schwarz usw., ferner die Nuancenreihen derselben Qualität (von Lichtgrün bis Dunkelgrün, Weiß bis Schwarz) als Harmonien, dagegen die Paare Blau-Violett, Rot-Orange, Grün-Rosa usw. disharmonisch. Letztere Paare können jedoch durch Einschiebung von Weiß bezw. Schwarz gefälliger gemacht werden. Der damit übereinstimmenden Behauptung Brückes über die Harmonie der komplementären Farbentöne und der Nuancenreihen derselben Qualität haben wir bereits gedacht. — So lange sich solche Aufstellungen in den Grenzen des malerischen Geschmackes bewegen, sind sie berechtigt und nützlich; das künstliche Einzwängen der Farbenqualitäten in musikalische Begriffe führt jedoch leicht zu spielerischen Verirrungen. Es darf nie vergessen werden, daß das Nacheinander der Töne und das Nebeneinander der Farben, daß Tonakkorde (deren Zerlegung Geübten nicht schwer fällt) und Mischfarben in vielen entscheidenden Beziehungen unvergleichbar bleiben. Vom physikalischen Standpunkte stellen übrigens die Spektralfarben von Rot bis Violett nur eine „Oktave" dar (die Rotschwingungszahl verhält sich zur Violettschwingungszahl wie 1 : 2), während das Tonreich über mehr als $10^1/_2$ Oktaven verfügt.

Auf eine eigentümliche Tatsache, welche Farben- und Tonwelt verknüpft, hat Nußbaumer im Jahre 1873 die Aufmerksamkeit gelenkt: Es gibt Personen, welche beim Hören gewisser Töne gleichzeitig bestimmte Farben sehen. Von zwei Brüdern hatte der eine beim Ton a die Empfindung Dunkelgelb, der andere von Preußischblau; das g^2 wurde bei beiden von Zitronengelb begleitet; das c^4 wurde vom ersten hellblau, vom zweiten hellrosa empfunden. Auch bei tiefen Tönen tauchten gewisse Farben und zwar dunkle auf, z. B. bei d_{-1} Kastanienbraun, beziehungsweise bräunlich Violett. Dieses „Farbenhören" (französisch audition colorée) ist offenbar eine verhältnismäßig seltene Erscheinung. Noch seltener mögen die Personen sein, welche, wie der Psychologe Röth erzählt, bei längeren Musikstücken ganze Gegenden mit allerlei Vorgängen vor sich auftauchen und wechseln sehen — und zwar nicht etwa als Erinnerungen an Ereignisse, die während des Hörens ähnlicher

Musik erlebt worden waren, sondern als zur Musik hinzutretende Halluzinationen. Den Schlüssel zum Verständnis solcher merkwürdiger Verbindungen von Hör- und Sehempfindungen gibt uns die alltägliche Erfahrung, daß sich auch beim Durchschnittsmenschen während des Trompetenschalles häufig unwillkürlich die Vorstellung eines grellen („schreienden") Rot, bei Flötentönen das Bild von Gelb, überhaupt bei den meisten Instrumenten Erinnerungen an Farben einstellen, was auf den Umstand zurückzuführen ist, daß lebhafte Klänge und Farben von sehr ähnlichen Gefühlen begleitet sind, welche das vermittelnde Glied zwischen beiden Empfindungsarten bilden. Gleiches gilt von „herabstimmenden" Klängen und Farben. Bei „Farbenhörern" ist nun die Gefühlsbetonung der einzelnen Töne und Farbennuancen außergewöhnlich deutlich, weshalb auch das gegenseitige Wachrufen im Bewußtsein besonders rasch und drastisch erfolgt (Fechners Erklärung). Manche Farbenhörer behaupten zwar, daß bei ihnen die umgekehrte Erscheinung, das Auftauchen von Tönen beim Anblicken von Farben, nicht stattfinde, allein diese Einseitigkeit der Verknüpfung ist in der Psychologie nichts Seltenes und schließt die Erklärung der audition colorée aus den Begleitgefühlen nicht aus.*)

Mit dem Willen steht jede Sinnesempfindung durch Vermittlung des Gefühlstones in psychischer Beziehung. Die reichste Fülle von Reflexen (unwillkürliche Bewegungen auf Grund von Sinnesreizen), Instinktäußerungen und bewußten Handlungen knüpft gerade an Seheindrücke an. Sie sind es, welche einen sehr erheblichen Teil der Aufmerksamkeit stetig in Anspruch nehmen. Dadurch wird die schwächende Wirkung einer künstlich erzeugten langwährenden Einförmigkeit des Seheindrucks auf die Bewußtseinshelligkeit und den Willen verständlich.

Anhaltend gleicher und starker Gesichtsreiz gehört zu den sichersten Mitteln der Erzeugung seelischer Entrücktheit und der sogenannten hypnotischen Zustände. Der deutsche Mystiker Jacob Böhme versetzte sich durch Anstarren einer blanken Zinn-

---

*) Über Farbenhören schrieben in neuerer Zeit: E. Benoist (1899), J. Clavière (1899), Mendoza (1899). Überraschende Beobachtungen liefert Prof. V. Urbantschitsch, Über die Beeinflussung subjektiver Gesichtsempfindungen in Pflügers Archiv, 94. Bd., Bonn 1903; einen kurzen Auszug dieser Abhandlung enthält die Wissensch. Beilage der Philosoph. Gesellschaft in Wien 1903.

schüssel in verzückte Stimmung, indische Bußmönche betrachten stundenlang ihren Nabel bis sie in starren Halbschlaf (Hypnose) geraten. Bekanntlich geben die Hypnotiseure den Einzuschläfernden (nach Braids Anweisung) einen glitzernden Kristall zum Fixieren oder lassen sie in das unbewegte Auge des Experimentators blicken. Der berühmte Pariser Nervenarzt Charcot hypnotisierte häufig in der Weise, daß er plötzlich einen Strahl hellsten Lichtes in das geöffnete Auge des Patienten fallen ließ.

Zum Schlusse sei noch der Verknüpfung des Sehsinnes mit den sonstigen Sinnen, wie sie uns bei der Wahrnehmung eines Dinges oder Gegenstandes der äußeren Welt entgegentritt, gedacht. Nehmen wir eine metallene Glocke in die Hand und lassen sie vor unsern Augen erklingen, so erleben wir eine Tast-, eine Temperatur-, eine Gesichts- und eine Hörempfindung, welche alle auf dasselbe äußere Objekt bezogen werden.

Gewisse Gesichts-, Geruchs- und Tastempfindungen machen zusammengenommen den Eindruck „Rose“ aus. Das Band, welches diese Empfindungen vereinigt, ist der gleiche Ort im Raum und die gleiche Zeit. Wir können sagen, die Dinge sind für unser Empfinden eine Vereinigung von bestimmten Nachrichten verschiedener Sinne, welche Nachrichten in gewisser Beziehung zueinander stehen. Und damit sind wir wieder auf die Behauptung zurückgelangt, mit der wir unser Büchlein begonnen hatten: Die Sinne liefern uns den Stoff unserer Kenntnis der äußeren Welt und der Verstand formt diesen Stoff zur Wahrnehmung, zur Erfahrung, zum Wissen.

VII. Kapitel.

Die Sinne und die Außenwelt.

Den Abschluß unserer Darstellung der Sinne und ihrer Gaben möge die Besprechung einer Frage bilden, die so manchem denkenden Leser sich während der Lektüre aufgedrängt haben mag. Wir hörten, daß die Töne physikalisch nur Luftwellen, die Farben nur elektrische Schwingungen, Geruch und Geschmack nur chemische Vorgänge seien.

Es ließe sich ferner zeigen, daß schließlich auch Gestalt, Härte und Schwere der Dinge bloß auf Verhaltungsweisen der letzten, kleinsten, unteilbaren Stoffteilchen, „Atome" genannt, zurückführbar sind, welche Verhaltungsweisen sich für uns nicht anders als in sinnlichen Empfindungen äußern. Folgt nun daraus, daß die Welt außer uns im Grunde nur eine Täuschung sei, die uns die Sinne vorspiegeln? Dieser zum Widerspruch aufregenden Folgerung kann die gegenwärtig verbreitete mechanische Naturauffassung kein zwingendes Nein entgegensetzen. Die meisten heutigen Naturforscher sind der Ansicht, daß im Raume außer uns die Atome finster, schweigend und gleichgültig nach ewigen Gesetzen kreisen und daß Licht, Farbe, Ton und jede sonstige Sinnesqualität nur Erscheinungen in uns seien. Jene Forscher fügen hinzu, es sei nicht wissenschaftlich, solche Folgerungen deshalb abzulehnen, weil sie das Gemüt unbefriedigt lassen.

Ist aber die trostlose Ansicht von der Scheinwelt der Sinne wirklich unausweichlich? Sie ist es nicht! Der tiefsinnige deutsche Philosoph und Physiker Gustav Theodor Fechner hat uns von dieser „Nachtansicht" befreit, ohne auch nur ein Jota der wissenschaftlichen Tatsachen zu verleugnen.*) Sein Gedankengang ist folgender: Daß die Dinge der Welt an und für sich licht und farbig sind, daß sie klingen, duften, schmecken — das kann freilich nicht logisch zwingend bewiesen werden. Aber ebensowenig kann bewiesen werden, daß diese Dinge (außer dem Schwingen und Verhalten ihrer Atome) dunkel und farblos, stumm, duft- und geschmacklos seien. Vom streng wissenschaftlichen Standpunkte stehen sich vielmehr beide Möglichkeiten (die „Nachtansicht" der meisten Physiker und die „Tagesansicht" Fechners) zunächst völlig gleichberechtigt gegenüber. Die Wahrscheinlichkeit neigt sich jedoch zur Tagesansicht einer lichten, tönenden Außenwelt, wie sie dem unbefangenen Menschen sich darbietet. Es ist anzunehmen, daß wir mit unseren Sinnen bloß einen schwachen Abglanz von der reichen Mannigfaltigkeit der Qualitäten der Außenwelt, einen Bruchteil nach Maßgabe der Zahl und Feinheit unserer Sinne empfinden. Wenn ein schwachsichtiger und schwerhöriger Mensch

*) Fechner, Die Tagesansicht gegenüber der Nachtansicht, Leipzig 1879.

von der Pracht um ihn her nur kleine Ausschnitte und gedämpfte Eindrücke empfängt, so glaubt er wohl auch, daß die Welt seiner Auffassung entspreche. Das Künstlerauge und -Ohr sieht und hört aber das Doppelte von der Welt und findet sie mit unzähligen Feinheiten und Mannigfaltigkeiten ausgestattet, die dem Sinnesschwachen völlig fremd sind. Der blinde Molch der Karsthöhlen oder der taube Fisch hat mit seiner Minderzahl von Sinnen ein gewiß noch weit ärmeres Weltbild als der Mensch und das niederste Polypentier weiß vielleicht nur von Erschütterungen der Umgebung und von Berührungen.

Die Physiker der Nachtansicht sind insoweit im Rechte, als die Erscheinungen der Welt eine *körperliche* Seite (bewegten Stoff) aufweisen; allein sie sind im Unrechte, falls sie das Bestehen einer *seelischen* Kehrseite aller (oder wenigstens gewisser) stofflicher Vorgänge leugnen. Unsere Empfindungen, Denkakte, Gefühle und Wollungen sind ebenso gegebene Tatsachen der Erfahrung, wie es die Steine, Flüssigkeiten, Gase und deren Verhaltungsweisen sind. Es ließe sich sogar mit gutem Grunde verfechten, daß ein Zahnschmerz, eine Geschmacks- oder Kälteempfindung, die wir erleben, viel unmittelbarer und gewisser gegeben seien als die Schwingungen eines vorausgesetzten elastischen Äthers oder die chemischen Prozesse in Nervenzellen.

Und nun noch eine Bemerkung zum Abschied. Es hat eine Zeit gegeben, in der man die Freuden des Menschen aus seinen Sinnesempfindungen als würdelos oder gar verderblich hinstellte und dagegen den ausschließlichen Wert der rein geistigen, der Welt abgekehrten Güter pries. Diese Einseitigkeit mag uns eine Mahnung sein, unsererseits die Bedeutung der Sinne nicht zu überspannen. Wir dürfen und sollen uns aber der Gaben der Sinne freuen: Die Sinne sind es, welche uns die herrlichste Blüte des Menschengeistes zuführen: die Kunst!

Namenregister.

Sachregister.

Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens

Jeder Band ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich

Jeder Band geh. M. 1.—, in Leinwand geb. M. 1.25.

Übersicht nach Wissenschaften geordnet.

Allgemeines Bildungswesen. Erziehung und Unterricht.

Das deutsche Bildungswesen in seiner geschichtlichen Entwicklung. Von weil. Prof. Dr. Friedrich Paulsen. 3. Aufl. Von Prof. Dr. W. Münch. Mit einem Bildnis Paulsens. (Bd. 100.)

Der Leipziger Student von 1409—1909. Von Dr. W. Bruchmüller. Mit 25 Abb. (Bd. 273.)

Geschichte des deutschen Schulwesens. Von Oberrealschuldirektor Dr. K. Knabe. (Bd. 85.)

Das deutsche Unterrichtswesen der Gegenwart. Von Oberrealschuldirektor Dr. K. Knabe. (Bd. 299.)

Allgemeine Pädagogik. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. 3. Aufl. (Bd. 33.)

Experimentelle Pädagogik mit besonderer Rücksicht auf die Erziehung durch die Tat. Von Dr. W. A. Lay. 2. Aufl. Mit 2 Abb. (Bd. 224.)

Psychologie des Kindes. Von Prof. Dr. R. Gaupp. 3. Aufl. Mit 18 Abb. (Bd. 213.)

Moderne Erziehung in Haus und Schule. Von J. Tews. 2. Aufl. (Bd. 159.)

Großstadtpädagogik. Von J. Tews. (Bd. 327.)

Schulkämpfe der Gegenwart. Von J. Tews. 2. Aufl. (Bd. 111.)

Die höhere Mädchenschule in Deutschland. Von Oberlehrerin M. Martin. (Bd. 65.)

Vom Hilfsschulwesen. Von Rektor Dr. B. Maennel. (Bd. 73.)

Das deutsche Fortbildungsschulwesen. Von Direktor Dr. Fr. Schilling. (Bd. 256.)

Die Knabenhandarbeit in der heutigen Erziehung. Von Seminar-Dir. Dr. A. Pabst. Mit 21 Abb. u. 1 Titelbild. (Bd. 140.)

Das moderne Volksbildungswesen. Bücher- und Lesehallen, Volkshochschulen und verwandte Bildungseinrichtungen in den wichtigsten Kulturländern in ihrer Entwicklung seit der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts. Von Stadtbibliothekar Dr. G. Fritz. Mit 14 Abb. (Bd. 266.)

Die amerikanische Universität. Von Ph. D. E. D. Perry. Mit 22 Abb. (Bd. 206.)

Technische Hochschulen in Nordamerika. Von Prof. S. Müller. Mit zahlr. Abb., Karte u. Lageplan. (Bd. 190.)

Volksschule und Lehrerbildung der Vereinigten Staaten. Von Dir. Dr. F. Kuypers. Mit 48 Abb. u. 1 Titelbild. (Bd. 150.)

Deutsches Ringen nach Kraft und Schönheit. Aus den literarischen Zeugnissen eines Jahrhunderts gesammelt. Von Turninspektor K. Möller. 2 Bde. Band II: In Vorb. (Bd. 188/189.)

Schulhygiene. Von Prof. Dr. L. Burgerstein. 3. Aufl. Mit 33 Fig. (Bd. 96.)

Jugend-Fürsorge. Von Waisenhaus-Direktor Dr. J. Petersen. 2 Bde. (Bd. 161. 162.)

Pestalozzi. Sein Leben und seine Ideen. Von Prof. Dr. P. Natorp. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis u. 1 Brieffaksimile. (Bd. 250.)

Herbarts Lehren und Leben. Von Pastor O. Flügel. Mit 1 Bildnisse Herbarts. (Bd. 164.)

Friedrich Fröbel. Sein Leben und sein Wirken. Von A. von Portugall. Mit 5 Tafeln. (Bd. 82.)

Religionswissenschaft.

Leben und Lehre des Buddha. Von weil. Prof. Dr. R. Pischel. 2. Aufl. von Prof. Dr. H. Lüders. Mit 1 Tafel. (Bd. 109.)

Germanische Mythologie. Von Prof. Dr. J. v. Negelein. 2. Aufl. (Bd. 95.)

Mystik im Heidentum und Christentum. Von Dr. E. Lehmann. (Bd. 217.)

Palästina und seine Geschichte. Von Prof. Dr. H. Freiherr von Soden. 3. Aufl. Mit 2 Karten, 1 Plan u. 6 Ansichten. (Bd. 6.)

Palästina und seine Kultur in fünf Jahrtausenden. Von Gymnasialoberlehrer Dr. P. Thomsen. Mit 36 Abb. (Bd. 260.)

Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte. Von Prof. Dr. Fr. Giesebrecht. 2. Aufl. (Bd. 52)

Die Gleichnisse Jesu. Zugleich Anleitung zu einem quellenmäßigen Verständnis der Evangelien. Von Lic. Prof. Dr. H. Weinel. 3. Aufl. (Bd. 46.)

Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu. Von Pfarrer D. P. Mehlhorn. 2. Aufl. (Bd. 137.)

Jesus und seine Zeitgenossen. Geschichtliches und Erbauliches. Von Pastor C. Bonhoff. (Bd. 89.)

Der Text des Neuen Testamentes nach seiner geschichtlichen Entwicklung. Von Div.-Pfarrer A. Pott. Mit 8 Tafeln. (Bd. 134.)

Der Apostel Paulus und sein Werk. Von Prof. Dr E. Vischer. (Bd. 309.)

Christentum und Weltgeschichte. Von Prof. Dr. K. Sell. 2 Bde. (Bd. 297. 298.)

Aus der Werdezeit des Christentums. Studien und Charakteristiken. Von Prof. Dr. J. Geffcken. 2. Aufl. (Bd. 54.)

Luther im Lichte der neueren Forschung. Ein kritischer Bericht. Von Prof. Dr. H. Boehmer. 2. Aufl. Mit 2 Bildn. Luthers. (Bd. 113.)

Johann Calvin. Von Pfarrer Dr. G. Soden. Mit 1 Bildnis. (Bd. 247.)

Die Jesuiten. Eine historische Skizze. Von Prof. Dr. H. Boehmer. 2. Aufl. (Bd. 49.)

Die religiösen Strömungen der Gegenwart. Von Superintendent D. A. H. Braasch. 2. Auflage. (Bd. 66.)

Die Stellung der Religion im Geistesleben. Von Lic. Dr. P. Kalweit. (Bd. 225.)

Religion und Naturwissenschaft in Kampf und Frieden. Ein geschichtlicher Rückblick. Von Dr. A. Pfannkuche. 2. Aufl. (Bd. 141.)

Einführung in die Theologie: Pastor M. Cornils. (Bd. 347.)

Philosophie und Psychologie.

Einführung in die Philosophie. Von Prof. Dr. R. Richter. 2. Aufl. (Bd. 155.)

Die Philosophie. Einführung in die Wissenschaft, ihr Wesen und ihre Probleme. Von Realschuldirektor H. Richert. (Bd. 186.)

Aesthetik. Dr. R. Hamann. (Bd. 345.)

Führende Denker. Geschichtliche Einleitung in die Philosophie. Von Prof. Dr. J. Cohn. 2. Aufl. Mit 6 Bildn. (Bd. 176.)

Griechische Weltanschauung. Von Privatdoz. Dr. M. Wundt. (Bd. 329.)

Die Weltanschauungen der großen Philosophen der Neuzeit. Von weil. Prof. Dr L. Busse. 5. Aufl., herausgegeben von Prof. Dr. R. Falckenberg. (Bd. 56.)

Die Philosophie der Gegenwart in Deutschland. Eine Charakteristik ihrer Hauptrichtungen. Von Prof. Dr O. Külpe. 5. Aufl. (Bd. 41.)

Rousseau. Von Prof. Dr. P. Hensel. Mit 1 Bildn. (Bd. 180.)

Immanuel Kant. Darstellung und Würdigung. Von Prof. Dr. O. Külpe. 2. Aufl. Mit 1 Bildn. (Bd. 146.)

Schopenhauer. Seine Persönlichkeit, seine Lehre, seine Bedeutung. Von Realschuldirektor H. Richert. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis. (Bd. 81.)

Herbert Spencer. Von Dr. K. Schwarze. Mit 1 Bildn. (Bd. 245.)

Aufgaben und Ziele des Menschenlebens. Von Dr. J. Unold. 3. Aufl. (Bd. 12.)

Sittliche Lebensanschauungen der Gegenwart. Von weil. Prof. Dr. O. Kirn. 2. Aufl. (Bd. 177.)

Die Mechanik des Geisteslebens. Von Prof. Dr. M. Verworn. 2. Aufl. Mit 18 Fig. (Bd. 200.)

Die Seele des Menschen. Von Prof. Dr. J. Rehmke. 3. Aufl. (Bd. 36.)

Hypnotismus und Suggestion. Von Dr. E. Trömner. (Bd. 199.)

Literatur und Sprache.

Die Sprachstämme des Erdkreises. Von weil. Prof. Dr. F. N. Finck. (Bd. 267.)

Die Haupttypen des menschlichen Sprachbaues. Von weil. Prof. Dr. F. N. Finck. (Bd. 268.)

Rhetorik. Richtlinien für die Kunst des Sprechens. Von Dr. E. Geißler. (Bd. 310.)

Wie wir sprechen. Von Dr. E. Richter. (Bd. 354.)

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Die deutschen Personennamen. Von Direktor A. Bähnisch. (Bd. 296.)

Das deutsche Volkslied. Über Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges. Von Dr. J. W. Bruinier. 4. Aufl. (Bd. 7.)

Die deutsche Volkssage. Von Dr. O. Böckel. (Bd. 262.)

Das Theater. Schauspielhaus und Schauspielkunst vom griech. Altertum bis auf die Gegenwart. Von Dr. Chr. Gaehde. Mit 20 Abb. (Bd. 230.)

Das Drama. Von Dr. B. Busse. Mit Abbildungen. 2 Bde. (Bd. 287/288.)

Bd. I: Von der Antike zum französischen Klassizismus. (Bd. 287.)

Bd. II: Von Versailles bis Weimar. (Bd. 288.)

Geschichte der deutschen Lyrik seit Claudius. Von Dr. H. Spiero. (Bd. 254.)

Schiller. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. Mit Bildnis Schillers. 2. Aufl. (Bd. 74.)

Das deutsche Drama des neunzehnten Jahrhunderts. In seiner Entwicklung dargestellt von Prof. Dr. G. Witkowski. 3. Aufl. Mit 1 Bildn. Hebbels. (Bd. 51.)

Deutsche Romantik. Von Prof. Dr. O. F. Walzel. 2. Aufl. (Bd. 232.)

Friedrich Hebbel. Von Dr. A. Schapire-Neurath. Mit 1 Bildn. Hebbels. (Bd. 238.)

Gerhart Hauptmann. Von Prof. Dr. E. Sulger-Gebing. Mit 1 Bildn. Gerhart Hauptmanns. (Bd. 283.)

Henrik Ibsen, Björnstjerne Björnson und ihre Zeitgenossen. Von weil. Prof. Dr. B. Kahle. Mit 7 Bildn. (Bd. 193.)

Shakespeare und seine Zeit. Von Prof. Dr. E. Sieper. Mit 3 Taf. u. 3 Textb. (Bd. 185.)

Bildende Kunst und Musik.

Bau und Leben der bildenden Kunst. Von Dir. Prof. Dr. Th. Volbehr. Mit 44 Abb. (Bd. 68.)

Die Ästhetik. Von Dr. R. Hamann. (Bd. 345.)

Die Entwicklungsgeschichte der Stile in der bildenden Kunst. Von Dr. E. Cohn-Wiener. 2 Bde. Mit zahlr. Abb. (Bd. 317/318.)

Band I: Vom Altertum bis zur Gotik. Mit 57 Abb. (Bd. 317.)

Band II: Von der Renaissance bis zur Gegenwart. Mit 31 Abb. (Bd. 318.)

Die Blütezeit der griechischen Kunst im Spiegel der Reliefsarkophage. Eine Einführung in die griechische Plastik. Von Dr. H. Wachtler. Mit 8 Taf. u. 32 Abb. (Bd. 272.)

Deutsche Baukunst im Mittelalter. Von Prof. Dr. A. Matthaei. 3. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 8.)

Deutsche Baukunst seit dem Mittelalter bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts. Von Prof. Dr. A. Matthaei. Mit 62 Abb. u. 3 Taf. (Bd. 326.)

Die deutsche Illustration. Von Prof. Dr. R. Kautzsch. Mit 35 Abb. (Bd. 44.)

Deutsche Kunst im täglichen Leben bis zum Schlusse des 18. Jahrhunderts. Von Prof. Dr. B. Haendcke. Mit 63 Abb. (Bd. 198.)

Albrecht Dürer. Von Dr. R. Wustmann. Mit 33 Abb. (Bd. 97.)

Rembrandt. Von Prof. Dr. P. Schubring. Mit 50 Abb. (Bd. 158.)

Niederländische Malerei im 17. Jahrhundert. Von Dr. H. Jantzen. Mit zahlr. Abbild. (Bd. 373.)

Ostasiatische Kunst und ihr Einfluß auf Europa. Von Direktor Prof. Dr. R. Graul. Mit 49 Abb. (Bd. 87.)

Kunstpflege in Haus und Heimat. Von Superintendent Richard Bürkner. 2. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 77.)

Geschichte der Gartenkunst. Von Reg.-Baum. Chr. Ranck. Mit 41 Abb. (Bd. 274.)

Die Grundlagen der Tonkunst. Versuch einer genetischen Darstellung der allgemeinen Musiklehre. Von Prof. Dr. H. Rietsch. (Bd. 178.)

Einführung in das Wesen der Musik. Von Prof. C. R. Hennig. (Bd. 119.)

Klavier, Orgel, Harmonium. Das Wesen der Tasteninstrumente. Von Prof. Dr. O. Bie. (Bd. 325.)

Geschichte der Musik. Von Dr. Fr. Spiro. (Bd. 143.)

Haydn, Mozart, Beethoven. Von Prof. Dr. C. Krebs. Mit 4 Bildn. (Bd. 92.)

Die Blütezeit der musikalischen Romantik in Deutschland. Von Dr. E. Istel. Mit 1 Silhouette. (Bd. 239.)

Das Kunstwerk Richard Wagners. Von Dr. E. Istel. Mit 1 Bildnis R. Wagners. (Bd. 330.)

Das moderne Orchester in seiner Entwicklung. Von Prof. Dr. Fr. Volbach. Mit Partiturbeisp. u. 2 Instrumententab. (Bd. 308.)

Geschichte und Kulturgeschichte.

Das Altertum im Leben der Gegenwart. Von Prof. Dr. P. Cauer. (Bd. 356.)

Kulturbilder aus griechischen Städten. Von Oberlehrer Dr. E. Ziebarth. 2. Aufl. Mit 23 Abb. u. 2 Tafeln. (Bd. 131.)

Pompeji, eine hellenistische Stadt in Italien. Von Prof. Dr. Fr. v. Duhn. 2. Aufl. Mit 62 Abb. (Bd. 114.)

Soziale Kämpfe im alten Rom. Von Privatdoz. Dr. L. Bloch. 2. Aufl. (Bd. 22.)

Roms Kampf um die Weltherrschaft. Von Prof. Dr. J. Kromayer. (Bd. 368.)

Byzantinische Charakterköpfe. Von Privatdoz. Dr. K. Dieterich. Mit 2 Bildn. (Bd. 244.)

Germanische Kultur in der Urzeit. Von Prof. Dr. G. Steinhausen. 2. Aufl. Mit 13 Abb. (Bd. 75.)

Mittelalterliche Kulturideale. Von Prof. Dr. V Vedel. 2 Bde.
Bd. I: Heldenleben. (Bd. 292.)
Bd II: Ritterromantik. (Bd. 293.)

Deutsches Frauenleben im Wandel der Jahrhunderte. Von Dir. Dr. E. Otto. 2. Aufl. Mit 27. Abb. (Bd. 45.)

Deutsche Städte und Bürger im Mittelalter. Von Prof. Dr. B. Heil. 3. Aufl. Mit zahlr. Abb. u. 1 Doppeltafel. (Bd. 43.)

Historische Städtebilder aus Holland und Niederdeutschland. Von Reg.-Baum. a. D. A. Erbe. Mit 59 Abb. (Bd. 117.)

Das deutsche Dorf. Von R. Mielke. Mit 51 Abb. (Bd. 192.)

Das deutsche Haus und sein Hausrat. Von Prof. Dr. R. Meringer. Mit 106 Abb. (Bd. 116.)

Kulturgeschichte des deutschen Bauernhauses. Von Reg.-Baum. Chr. Ranck. Mit 70 Abb. (Bd. 121.)

Geschichte des deutschen Bauernstandes. Von Prof. Dr. H. Gerdes. Mit 21 Abb. (Bd. 320.)

Das deutsche Handwerk in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Dir. Dr. E. Otto. 3. Aufl. Mit 27 Abb. (Bd. 14.)

Deutsche Volksfeste und Volkssitten. Von H. S. Rehm. Mit 11 Abb. (Bd. 214.)

Deutsche Volkstrachten. Von Pfarrer C. Spieß. (Bd. 342.)

Familienforschung. Von Dr. E. Devrient. (Bd. 350.)

Die Münze als hist. Denkmal sowie ihre Bedeutung im Rechts- und Wirtschaftsleben. Von Prof. Dr. A. Luschin v. Ebengreuth. Mit 53 Abb. (Bd. 91.)

Das Buchgewerbe und die Kultur. Sechs Vorträge, gehalten im Auftrage des Deutschen Buchgewerbevereins. Mit 1 Abb. (Bd. 182.)

Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. O. Weise. 3. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 4.)

Das Zeitungswesen. Von Dr. H. Diez. (Bd. 328.)

Das Zeitalter der Entdeckungen. Von Prof. Dr. S. Günther. 3. Aufl. Mit 1 Weltk. (Bd. 26.)

Von Luther zu Bismarck. 12 Charakterbilder aus deutscher Geschichte. Von Prof. Dr. O. Weber. (Bd. 123. 124.)

Friedrich der Große. Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. Mit 2 Bildn. (Bd. 246.)

Geschichte der Französischen Revolution. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. (Bd. 346.)

Napoleon I. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. 2. Aufl. Mit 1 Bildn. (Bd. 195.)

Politische Hauptströmungen in Europa im 19. Jahrh. Von Prof. Dr. K. Th. v. Heigel. 2. Aufl. (Bd. 129.)

Restauration und Revolution. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. R. Schwemer. 2. Aufl. (Bd. 37.)

Die Reaktion und die neue Ära. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der Gegenwart. Von Prof. Dr. R. Schwemer. (Bd. 101.)

Vom Bund zum Reich. Neue Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. R. Schwemer. (Bd. 102.)

1848. Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. O. Weber. 2. Aufl. (Bd. 53.)

Österreichs innere Geschichte von 1848 bis 1907. Von Richard Charmatz. 2 Bde. [I 2. Aufl.] Band I: Die Vorherrschaft der Deutschen. (Bd. 242). Band II: Der Kampf der Nationen. (Bd. 243.)

Englands Weltmacht in ihrer Entwicklung vom 17. Jahrhundert bis auf unsere Tage. Von Prof. Dr. W. Langenbeck. Mit 19 Bildn. (Bd. 174.)

Geschichte der Vereinigten Staaten von Amerika. Von Prof. Dr. E. Daenell. (Bd. 147.)

Die Amerikaner. Von N. M. Butler. Deutsche Ausg. bes. von Prof. Dr. W. Paszkowski. (Bd. 319.)

Vom Kriegswesen im 19. Jahrhundert. Von Major O. v. Sothen. Mit 9 Übersichtsk. (Bd. 59.)

Der Krieg im Zeitalter des Verkehrs und der Technik. Von Hauptmann A. Meyer. Mit 3 Abb. (Bd. 271.)

Der Seekrieg. Eine geschichtliche Entwicklung vom Zeitalter der Entdeckungen bis zur Gegenwart. Von K. Freiherrn von Maltzahn, Vize-Admiral a. D. (Bd. 99.)

Die moderne Friedensbewegung. Von A. H. Fried. (Bd. 157.)

Die moderne Frauenbewegung. Ein geschichtlicher Überblick. Von Dr. K. Schirmacher. 2. Aufl. (Bd. 67.)

Rechts- und Staatswissenschaft. Volkswirtschaft.

Deutsches Fürstentum und dtsch. Verfassungsw. Von Prof. Dr. Ed. Hubrich. (Bd. 80.)

Grundzüge der Verfassung des Deutschen Reiches. Von Prof. Dr. E. Loening. 3. Aufl. (Bd. 34.)

Moderne Rechtsprobleme. Von Prof. Dr. J. Kohler. (Bd. 128.)

Die Psychologie des Verbrechers. Von Dr. P. Pollitz. Mit 5 Diagrammen. (Bd. 248.)

Strafe und Verbrechen. Von Dr. P. Pollitz. (Bd. 323.)

Verbrechen und Aberglaube. Skizzen aus der volkskundlichen Kriminalistik. Von Kammergerichtsref. Dr. A. Hellwig. (Bd. 212.)

Das deutsche Zivilprozeßrecht. Von Rechtsanw. Dr. M. Strauß. (Bd. 315.)

Ehe und Eherecht. Von Prof. Dr. L. Wahrmund. (Bd. 115.)

Der gewerbliche Rechtsschutz in Deutschland. Von Patentanw. B. Tolksdorf. (Bd. 138.)

Die Miete nach dem B. G.-B. Ein Handbüchlein für Juristen, Mieter und Vermieter. Von Rechtsanw. Dr. M. Strauß. (Bd. 194.)

Das Wahlrecht. Von Reg.-Rat Dr. O. Poensgen. (Bd. 249.)

Die Jurisprudenz im häuslichen Leben. Für Familie und Haushalt dargestellt. Von Rechtsanw. P. Bienengräber. 2 Bde. (Bd. 219. 220.)

Finanzwissenschaft. Von Prof. Dr. S. P. Altmann. (Bd. 306.)

Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von G. Maier. 4. Aufl. (Bd. 2.)

Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrh. Von Privatdoz. Dr. Fr. Muckle. 2 Bände. (Bd. 269. 270.) Band I: Der rationale Sozialismus. (Bd. 269.) Band II: Proudhon und der entwicklungsgeschichtliche Sozialismus. (Bd 270).

Geschichte des Welthandels. Von Prof. Dr. M. G. Schmidt 2. Aufl (Bd. 118.)

Geschichte d. deutschen Handels. Von Prof. Dr. W. Langenbeck. (Bd. 237.)

Deutschlands Stellung in der Weltwirtschaft. Von Prof. Dr. P. Arndt. (Bd. 179.)

Deutsches Wirtschaftsleben. Auf geographischer Grundlage geschildert. Von weil. Prof. Dr. Chr. Gruber. 3. Aufl. Neubearb. von Dr. H. Reinlein. (Bd. 42.)

Die Ostmark. Eine Einführung in die Probleme ihrer Wirtschaftsgeschichte. Von Prof. Dr. W. Mitscherlich. (Bd. 351.)

Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im letzten Jahrh. Von Prof. Dr. L. Pohle. 2. Aufl. (Bd. 57.)

Das Hotelwesen. Von Paul Damm-Etienne. Mit 30 Abb. (Bd. 331.)

Die deutsche Landwirtschaft. Von Dr. W. Claaßen. Mit 15 Abb u. 1 Karte. (Bd. 215.)

Innere Kolonisation. Von A. Brenning. (Bd. 261.)

Antike Wirtschaftsgeschichte. Von Dr. O. Neurath. (Bd. 258.)

Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben. Von Prof. J. L. Laughlin. Mit 9 graph. Darst. Bd. 127.)

Die Japaner in der Weltwirtschaft. Von Prof. Dr. K. Rathgen. 2. Aufl (Bd. 72.)

Die Gartenstadtbewegung. Von Generalsekr. H. Kampffmeyer. Mit 43 Abb. (Bd. 259.)

Das internationale Leben der Gegenwart. Von A. H. Fried. Mit 1 Tafel. (Bd. 226.)

Bevölkerungslehre. Von Prof. Dr. M. Haushofer. (Bd. 50.)

Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung. Von Prof. Dr. O. v. Zwiedineck-Südenhorst. 2. Aufl. (Bd. 78.)

Das Recht der kaufmännischen Angestellten. Von Rechtsanwalt Dr. M. Strauß. (Bd. 361.)

Die Konsumgenossenschaft. Von Prof. Dr. F. Staudinger. (Bd. 222.)

Die Frauenarbeit. Ein Problem des Kapitalismus. Von Prof. Dr. R. Wilbrandt (Bd. 106.)

Grundzüge des Versicherungswesens. Von Prof. Dr. A. Manes. 2. Aufl. (Bd. 105.)

Verkehrsentwicklung in Deutschland. 1800—1900 (fortgeführt bis zur Gegenwart). Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen und Binnenwasserstraßen, ihre Entwicklung und Verwaltung sowie ihre Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft. Von Prof. Dr. W. Lotz. 3. Aufl. (Bd. 15.)

Das Postwesen, seine Entwicklung und Bedeutung. Von Postr. J. Bruns. (Bd. 165.)

Die Telegraphie in ihrer Entwicklung und Bedeutung. Von Postr. J. Bruns. Mit 4 Fig. (Bd. 183.)

Deutsche Schiffahrt und Schiffahrtspolitik der Gegenwart. Von Prof. Dr. K. Thieß. (Bd. 169.)

Erdkunde.

Mensch und Erde. Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von weil. Prof. Dr. A. Kirchhoff. 3. Aufl. (Bd. 31.)

Die Eiszeit und der vorgeschichtliche Mensch. Von Prof. Dr. G. Steinmann. Mit 24 Abb. (Bd. 302.)

Die Polarforschung. Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- und Südpol von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Von Prof. Dr. K. Hassert. 2. Aufl. Mit 6 Karten. (Bd. 38.)

Die Städte. Geographisch betrachtet. Von Prof. Dr. K. Hassert. Mit 21 Abb. (Bd. 163.)

Wirtschaftl. Erdkunde. Von weil. Prof. Dr. Chr. Gruber. 2. Aufl. Bearbeitet von Prof. Dr. K. Dove. (Bd. 122.)

Politische Geographie. Von Dr. E. Schöne. (Bd. 353.)

Die deutschen Volksstämme und Landschaften. Von Prof. Dr. O. Weise. 4. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 16.)

Ostseegebiet. Von Privatdozent Dr. G. Braun. (Bd. 367.)

Die Alpen. Von H. Reishauer. Mit 26 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 276.)

Die deutschen Kolonien. (Land und Leute.) Von Dr. A. Heilborn. 3. Aufl. Mit 26 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 98.)

Unsere Schutzgebiete nach ihren wirtschaftlichen Verhältnissen. Im Lichte der Erdkunde dargestellt. Von Dr. Chr. G. Barth. (Bd. 290.)

Australien und Neuseeland. Land, Leute und Wirtschaft. Von Prof. Dr. R. Schachner. (Bd. 366.)

Der Orient. Eine Länderkunde. Von E. Banse. 3 Bde. Mit zahlr. Abb. u. Karten. (Bd. 277. 278. 279.) Band I: Die Atlasländer. Marokko, Algerien, Tunesien. Mit 15 Abb., 10 Kartenskizzen, 3 Diagr. u. 1 Tafel. (Bd. 277.) Band II: Der arabische Orient. Mit 29 Abb. u. 7 Diagr. (Bd. 278.) Band III: Der arische Orient. Mit 34 Abb., 3 Kartenskizzen u. 2 Diagr. (Bd. 279.)

Anthropologie. Heilwissenschaft und Gesundheitslehre.

Der Mensch der Urzeit. Vier Vorlesungen aus der Entwicklungsgeschichte des Menschengeschlechts. Von Dr. A. Heilborn. 2. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 62.)

Die moderne Heilwissenschaft. Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. E. Biernacki. Deutsch von Dr. S. Ebel. (Bd. 25.)

Der Arzt. Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenwart. Ein Leitfaden der sozialen Medizin. Von Dr. med. M. Fürst. (Bd. 265.)

Der Aberglaube in der Medizin und seine Gefahr für Gesundheit und Leben. Von Prof. Dr. D. von Hansemann. (Bd. 83.)

Arzneimittel und Genußmittel. Von Prof. Dr. O. Schmiedeberg. (Bd. 363.)

Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers. Von Prof. Dr. H. Sachs. 3. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 32.)

Die Anatomie des Menschen. Von Prof. Dr. K. v. Bardeleben. 5 Bde. Mit zahlr. Abb. (Bd. 201. 202. 203. 204. 263.) I. Teil: Allg. Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Mit 69 Abb. (Bd. 201.) II. Teil: Das Skelett. Mit 53 Abb. (Bd. 202.) III. Teil: Das Muskel- und Gefäßsystem. Mit 68 Abb. (Bd. 203.) IV. Teil: Die Eingeweide (Darm, Atmungs-, Harn- u. Geschlechtsorgane). Mit 38 Abb. (Bd. 204.) V. Teil: Statik und Mechanik des menschlichen Körpers. Mit 20 Abb. (Bd. 263.)

Moderne Chirurgie. Von Prof. Dr. Feßler. Mit Abb. (Bd. 339.)

Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre. Von weil. Prof. Dr. H. Buchner. 3. Aufl., besorgt von Prof. Dr. M. v. Gruber. Mit 26 Abb. (Bd. 1.)

Herz, Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen. Von Prof. Dr. H. Rosin. Mit 18 Abb. (Bd. 312.)

Das menschliche Gebiß, seine Erkrankung und Pflege. Von Zahnarzt Fr. Jäger. Mit 24 Abb. (Bd. 229.)

Körperliche Verbildungen im Kindesalter und ihre Verhütung. Von Dr. M. David. Mit 26 Abb. (Bd. 321.)

Schulhygiene. Von Prof. Dr. L. Burgerstein. 3. Aufl. Mit 33 Fig. (Bd. 96.)

Vom Nervensystem, seinem Bau und seiner Bedeutung für Leib und Seele in gesundem und krankem Zustande. Von Prof. Dr. R. Zander. 2. Aufl. Mit 27 Fig. (Bd. 48.)

Die fünf Sinne des Menschen. Von Prof. Dr. J. K. Kreibig. 2. Aufl. Mit 30 Abb. (Bd. 27.)

Das Auge des Menschen und seine Gesundheitspflege. Von Prof. Dr. med. G. Abelsdorff. Mit 15 Abb. (Bd 149.)

Die menschliche Stimme und ihre Hygiene. Von Prof. Dr. P. H. Gerber. 2. Aufl. Mit 20 Abb. (Bd. 136.)

Die Geschlechtskrankheiten, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Bekämpfung und Verhütung. Von Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg. 2. Aufl. Mit 4 Abb. und 1 Tafel. (Bd. 251.)

Die Tuberkulose, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Ursache, Verhütung und Heilung. Von Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg. 2. Aufl. Mit 1 Tafel und 8 Figuren. (Bd. 47.)

Die krankheiterregenden Bakterien. Von Privatdoz. Dr. M. Loehlein. Mit 33 Abb. (Bd. 307.)

Geisteskrankheiten. Von Anstaltsoberarzt Dr. G. Ilberg. (Bd. 151.)

Krankenpflege. Von Chefarzt Dr. B. Leick. (Bd. 152.)

Gesundheitslehre für Frauen. Von weil. Privatdoz. Dr. R. Sticher. Mit 13 Abb. (Bd. 171.)

Der Säugling, seine Ernährung und seine Pflege. Von Dr. W. Kaupe. Mit 17 Abb. (Bd. 154.)

Der Alkoholismus. Von Dr. G. B. Gruber. Mit 7 Abb. (Bd. 103.)

Ernährung und Volksnahrungsmittel. Von weil. Prof. Dr. J. Frentzel. 2. Aufl. Neu bearb. von Geh. Rat Prof. Dr. N. Zuntz. Mit 7 Abb. u. 2 Tafeln. (Bd. 19.)

Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. R. Zander. 3. Aufl. Mit 19 Abb. (Bd. 13.)

Naturwissenschaften. Mathematik.

Naturwissenschaften u. Mathematik im klassischen Altertum. Von Prof. Dr. Joh. L. Heiberg. (Bd. 370.)

Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Von Prof. Dr. F. Auerbach. 3. Aufl. Mit 79 Fig. (Bd. 40.)

Die Lehre von der Energie. Von Dr. A. Stein. Mit 13 Fig. (Bd. 257.)

Moleküle — Atome — Weltäther. Von Prof. Dr. G. Mie. 3. Aufl. Mit 27 Fig. (Bd. 58.)

Die großen Physiker und ihre Leistungen. Von Prof. Dr. F. A. Schulze. Mit 7 Abb. (Bd. 324.)

Werdegang der modernen Physik. Von Dr. H. Keller. (Bd. 343.)

Einleitung in die Experimentalphysik. Von Prof. Dr. R. Börnstein. Mit zahlr. Abb. (Bd. 371.)

Das Licht und die Farben. Von Prof. Dr. L. Graetz. 3. Aufl. Mit 117 Abb. (Bd. 17.)

Sichtbare und unsichtbare Strahlen. Von Prof. Dr. R. Börnstein u. Prof. Dr. W. Marckwald. 2. Aufl. Mit 85 Abb. (Bd. 64.)

Die optischen Instrumente. Von Dr. M. v. Rohr. 2. Aufl. Mit 84 Abb. (Bd. 88.)

Die Brille. Von Dr. M. von Rohr. Mit zahlr. Abb. (Bd. 372.)

Spektroskopie. Von Dr. L. Grebe. Mit 62 Abb. (Bd. 284.)

Das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung. Von Dr. W. Scheffer. Mit 66 Abb. (Bd. 35.)

Das Stereoskop und seine Anwendungen. Von Prof. Th. Hartwig. Mit 40 Abb. u. 19 Taf. (Bd. 135.)

Die Lehre von der Wärme. Von Prof. Dr. R. Börnstein. Mit 33 Abb. (Bd. 172.)

Die Kälte, ihr Wesen, ihre Erzeugung und Verwertung. Von Dr. H. Alt. Mit 45 Abb. (Bd. 311.)

Luft, Wasser, Licht und Wärme. Neun Vorträge aus dem Gebiete der Experimental-Chemie. Von Prof. Dr. R. Blochmann. 3. Aufl. Mit 115 Abb. (Bd. 5.)

Das Wasser. Von Privatdoz. Dr. O. Anselmino. Mit 44 Abb. (Bd. 291.)

Natürliche und künstliche Pflanzen- und Tierstoffe. Von Dr. B. Bavink. Mit 7 Fig. (Bd. 187.)

Die Erscheinungen des Lebens. Von Prof. Dr. H. Miehe. Mit 40 Fig. (Bd. 130.)

Abstammungslehre und Darwinismus. Von Prof. Dr. R. Hesse. 3. Aufl. Mit 37 Fig. (Bd. 39.)

Experimentelle Biologie. Von Dr. C. Thesing. Mit Abb. 2 Bde. Band I: Experimentelle Zellforschung. (Bd. 336.) Band II: Regeneration, Transplantation und verwandte Gebiete. (Bd. 337.)

Einführung in die Biochemie. Von Prof. Dr. W. Löb. (Bd. 352.)

Der Befruchtungsvorgang, sein Wesen und seine Bedeutung. Von Dr. E. Teichmann. Mit 7 Abb. u. 4 Doppeltaf. (Bd. 70.)

Das Werden und Vergehen der Pflanzen. Von Prof. Dr. P. Gisevius. Mit 24 Abb. (Bd. 173.)

Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen. Von Prof. Dr. E. Küster. Mit 38 Abb. (Bd. 112.)

Unsere wichtigsten Kulturpflanzen (die Getreidegräser). Von Prof. Dr. K. Giesenhagen. 2. Aufl. Mit 38 Fig. (Bd. 10.)

Die fleischfressenden Pflanzen. Von Dr. A. Wagner. Mit Abb. (Bd. 344.)

Der deutsche Wald. Von Prof. Dr. H. Hausrath. Mit 15 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 153.)

Die Pilze. Von Dr. A. Eichinger. Mit 54 Abb. (Bd. 334.)

Weinbau und Weinbereitung. Von Dr. F. Schmitthenner. (Bd. 332.)

Der Obstbau. Von Dr. E. Voges. Mit 13 Abb. (Bd. 107.)

Unsere Blumen und Pflanzen im Zimmer. Von Prof. Dr. U. Dammer. (Bd. 359.)

Unsere Blumen und Pflanzen im Garten. Von Prof. Dr. U. Dammer. (Bd. 360.)

Kolonialbotanik. Von Prof. Dr. F. Tobler. Mit 21 Abb. (Bd. 184.)

Kaffee, Tee, Kakao und die übrigen narkotischen Getränke. Von Prof. Dr. A. Wieler. Mit 24 Abb. u. 1 Karte. (Bd. 132.)

Die Milch und ihre Produkte. Von Dr. A. Reitz. (Bd. 326.)

Die Pflanzenwelt des Mikroskops. Von Bürgerschullehrer E. Reukauf. Mit 100 Abb. (Bd. 181.)

Die Tierwelt des Mikroskops (die Urtiere). Von Prof. Dr. R. Goldschmidt. Mit 39 Abb. (Bd. 160.)

Die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt. Von Prof. Dr. K. Kraepelin. (Bd. 79.)

Der Kampf zwischen Mensch und Tier. Von Prof. Dr. K. Eckstein. 2. Aufl. Mit 51 Fig. (Bd. 18.)

Tierkunde. Eine Einführung in die Zoologie. Von weil. Privatdoz. Dr. K. Hennings. Mit 34 Abb. (Bd. 142.)

Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der Wirbeltiere. Von Prof. Dr. W. Lubosch. Mit 107 Abb. (Bd. 282.)

Die Stammesgeschichte unserer Haustiere. Von Prof. Dr. C. Keller. Mit 28 Fig. (Bd. 252.)

Die Fortpflanzung der Tiere. Von Prof. Dr. R. Goldschmidt. Mit 77 Abb. (Bd. 253.)

Tierzüchtung. Von Dr. G. Wilsdorf. (Bd. 369.)

Deutsches Vogelleben. Von Prof. Dr. A. Voigt. (Bd. 221.)

Vogelzug und Vogelschutz. Von Dr. W. R. Eckardt. Mit 6 Abb. (Bd. 218.)

Korallen und andere gesteinbildende Tiere. Von Prof. Dr. W. May. Mit 455 Abb. (Bd. 231.)

Lebensbedingungen und Verbreitung der Tiere. Von Prof. Dr. O. Maas. Mit 11 Karten u. Abb. (Bd. 139.)

Die Bakterien. Von Prof. Dr. E. Gutzeit. Mit 13 Abb. (Bd. 233.)

Die Welt der Organismen. In Entwicklung und Zusammenhang dargestellt. Von Prof. Dr. K. Lampert. Mit 52 Abb. (Bd. 236.)

Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt (Dimorphismus). Von Dr. Fr. Knauer. Mit 37 Fig. (Bd. 148.)

Die Ameisen. Von Dr. Fr. Knauer. Mit 61 Fig. (Bd. 94.)

Das Süßwasser-Plankton. Von Prof. Dr. O. Zacharias. 2. Aufl. Mit 49 Abb. (Bd. 156.)

Meeresforschung und Meeresleben. Von Dr. O. Janson. 2. Aufl. Mit 41 Fig. (Bd. 30.)

Das Aquarium. Von E. W. Schmidt. Mit 15 Fig. (Bd. 335.)

Wind und Wetter. Von Prof. Dr. L. Weber. 2. Aufl. Mit 28 Fig. u. 3 Tafeln. (Bd. 55.)

Gut und schlecht Wetter. Von Dr. R. Hennig. (Bd. 349.)

Der Kalender. Von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. (Bd. 69.)

Der Bau des Weltalls. Von Prof. Dr. J. Scheiner. 3. Aufl. Mit 26 Fig. (Bd. 24.)

Entstehung der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft. Von Prof. Dr. B. Weinstein. (Bd. 223.)

Aus der Vorzeit der Erde. Von Prof. Dr. Fr. Frech. In 6 Bdn. 2. Aufl. Mit zahlr. Abbildungen. (Bd. 207—211, 61.) Band I: Vulkane einst und jetzt. Mit 80 Abb. (Bd 207.) Band II: Gebirgsbau und Erdbeben. Mit 57 Abb. (Bd. 208.) Band III. Die Arbeit des fließenden Wassers. Mit 51 Abb. (Bd 209.) Band IV: Die Arbeit des Ozeans und die chemische Tätigkeit des Wassers im allgemeinen. Mit 1 Titelbild und 51 Abb. (Bd. 210.) Band V: Kohlenbildung und Klima der Vorzeit. (Bd. 211.) Band VI: Gletscher einst und jetzt. 2. Aufl. (Bd. 61.)

Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. Von Prof. Dr. S. Oppenheim. Mit 24 Abb. (Bd. 110.)

Probleme der modernen Astronomie. Von Prof. Dr. S. Oppenheim. (Bd. 355.)

Die Sonne. Von Dr. A. Krause. Mit zahlreichen Abb. (Bd. 357.)

Der Mond. Von Prof. Dr. J. Franz. Mit 31 Abb. (Bd. 90.)

Die Planeten. Von Prof. Dr. B. Peter. Mit 18 Fig. (Bd. 240.)

Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. P. Crantz. In 2 Bdn. Mit zahlr. Fig. (Bd. 120. 205.) I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades. 2. Aufl. Mit 9 Fig. (Bd. 120.) II. Teil: Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen. Zinseszins- und Rentenrechnung. Komplexe Zahlen. Binomischer Lehrsatz. 2. Aufl. Mit 21 Fig. (Bd. 205.)

Praktische Mathematik. Von Dr. R. Neuendorff. I. Teil: Graphisches u. numerisches Rechnen. Mit 62 Figuren und 1 Tafel. (Bd. 341.)

Planimetrie zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. P. Crantz. Mit 99 Fig. (Bd. 340.)

Einführung in die Infinitesimalrechnung mit einer historischen Übersicht. Von Prof. Dr. G. Kowalewski. Mit 18 Fig. (Bd. 197.)

Mathematische Spiele. Von Dr. W. Ahrens. 2. Aufl. Mit 70 Fig. (Bd. 170.)

Das Schachspiel und seine strategischen Prinzipien. Von Dr. M. Lange. Mit den Bildnissen E. Laskers und P. Morphys, 1 Schachbrettafel und 43 Darst. von Übungsspielen. (Bd. 281.)

Angewandte Naturwissenschaft. Technik.

Am sausenden Webstuhl der Zeit. Von Prof. Dr. W. Launhardt. 3. Aufl.) Mit 16 Abb. (Bd. 23.)

Bilder aus der Ingenieurtechnik. Von Baurat K. Merckel. Mit 43 Abb. (Bd. 60.)

Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit. Von Baurat K. Merckel. 2. Aufl. Mit 55 Abb. (Bd. 28.)

Die Handfeuerwaffen. Ihre Entwicklung und Technik. Von Hauptmann R. Weiß. Mit 69 Abb. (Bd. 364.)

Der Eisenbetonbau. Von Dipl.-Ing. E. Haimovici. Mit 81 Abb. (Bd. 275.)

Das Eisenhüttenwesen. Von Geh. Bergrat Prof. Dr. H. Wedding. 3. Aufl. Mit 15 Fig. (Bd. 20.)

Die Metalle. Von Prof. Dr. K. Scheid. 2. Aufl. Mit 16 Abb. (Bd. 29.)

Mechanik. Von Kais. Geh. Reg.-Rat A. v. Ihering. 3 Bde. (Bd. 303/305.) Band I: Die Mechanik der festen Körper. Mit 61 Abb. (Bd. 303.) Band II: Die Mechanik der flüssigen Körper. Mit 34 Abb. (Bd. 304.) Band III: Die Mechanik der gasförmigen Körper. (In Vorb.) (Bd. 305.)

Maschinenelemente. Von Prof. R. Vater. Mit 184 Abb. (Bd. 301.)

Hebezeuge. Das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper. Von Prof. R. Vater. Mit 67 Abb. (Bd. 196.)

Dampf und Dampfmaschine. Von Prof. R. Vater. 2. Aufl. Mit 45 Abb. (Bd. 63.)

Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen (Gasmaschinen). Von Prof. R. Vater. 3. Aufl. Mit 33 Abb. (Bd. 21.)

Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen. Von Prof. R. Vater. 2. Aufl. Mit 48 Abb. (Bd. 86.)

Die Wasserkraftmaschinen und die Ausnützung der Wasserkräfte. Von Kais. Geh. Reg.-Rat A. v. Ihering. Mit 73 Fig. (Bd. 228.)

Landwirtsch. Maschinenkunde. Von Prof. Dr. G. Fischer. Mit 62 Abb. (Bd. 316.)

Die Spinnerei. Von Dir. Prof. M. Lehmann. Mit Abb. (Bd. 338.)

Die technische Entwicklung der Eisenbahnen der Gegenwart. Von Eisenbahnbau- u. Betriebsinsp. E. Biedermann. Mit 50 Abb. (Bd. 144.)

Die Klein- und Straßenbahnen. Von Oberingenieur a. D. A. Liebmann. Mit 85 Abb. (Bd. 322.)

Das Automobil. Eine Einführung in Bau und Betrieb des modernen Kraftwagens. Von Ing. K. Blau. 2. Aufl. Mit 83 Abb. (Bd. 166.)

Grundlagen der Elektrotechnik. Von Dr. R. Blochmann. Mit 128 Abb. (Bd. 168.)

Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung. Von Telegrapheninspektor H. Brick. Mit 58 Abb. (Bd. 235.)

Drähte und Kabel, ihre Anfertigung und Anwendung in der Elektrotechnik. Von Telegrapheninspektor H. Brick. Mit 43 Abb. (Bd. 285.)

Die Funkentelegraphie. Von Oberpostpraktikant H. Thurn. Mit 53 Illustr. (Bd. 167.)

Nautik. Von Dir. Dr. J. Möller. Mit 58 Fig. (Bd. 255.)

Die Luftschiffahrt, ihre wissenschaftlichen Grundlagen und ihre technische Entwicklung. Von Dr. R. Nimführ. 2. Aufl. Mit 42 Abb. (Bd. 300.)

Die Beleuchtungsarten der Gegenwart. Von Dr. W. Brüsch. Mit 155 Abb. (Bd. 108.)

Heizung und Lüftung. Von Ingenieur J. E. Mayer. Mit 40 Abb. (Bd. 241.)

Industrielle Feuerungsanlagen und Dampfkessel. Von Ingenieur J. E. Mayer. (Bd. 348.)

Die Uhr. Von Reg.-Bauführer a. D. H. Bock. Mit 47 Abb. (Bd. 216.)

Wie ein Buch entsteht. Von Prof. A. W. Unger. 3. Aufl. Mit 7 Taf. u. 26 Abb. (Bd. 175.)

Einführung in die chemische Wissenschaft. Von Prof. Dr. W. Löb. Mit 16 Fig. (Bd. 264.)

Bilder aus der chemischen Technik. Von Dr. A. Müller. Mit 24 Abb. (Bd. 191.)

Der Luftstickstoff und seine Verwertung. Von Prof. Dr. K. Kaiser. Mit 13 Abb. (Bd. 313.)

Agrikulturchemie. Von Dr. P. Krische. Mit 21 Abb. (Bd. 314.)

Die Bierbrauerei. Von Dr. A. Bau. Mit 47 Abb. (Bd. 333.)

Chemie und Technologie der Sprengstoffe. Von Prof. Dr. R. Biedermann. Mit 15 Fig. (Bd. 286.)

Photochemie. Von Prof. Dr. G. Kümmell. Mit 23 Abb. (Bd. 227.)

Die Kinematographie. Von Dr. H. Lehmann. (Bd. 358.)

Elektrochemie. Von Prof. Dr. K. Arndt. Mit 38 Abb. (Bd. 234.)

Die Naturwissenschaften im Haushalt. Von Dr. J. Bongardt. 2 Bde. Mit zahlr. Abb. (Bd. 125. 126.)
I. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie? Mit 31 Abb. (Bd. 125.) II. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung? Mit 17 Abb. (Bd. 126.)

Chemie in Küche und Haus. Von weil. Prof. Dr. G. Abel. 2. Aufl. von Dr. J. Klein. Mit 1 Doppeltafel. (Bd. 76.)

Die Kultur der Gegenwart

ihre Entwicklung und ihre Ziele

Herausgegeben von Professor **Paul Hinneberg**

Von Teil I und II sind erschienen:

Teil I, Abt. 1: **Die allgemeinen Grundlagen der Kultur der Gegenwart.** Bearb. von: W. Lexis, Fr. Paulsen, G. Schöppa, G. Kerschensteiner, A. Matthias, H. Gaudig, W. v. Dyck, E. Pallat, K. Kraepelin, J. Lessing, O. N. Witt, P. Schlenther, G. Göhler, K. Bücher, R. Pietschmann, F. Milkau, H. Diels. 2. Aufl. (XIV u. 716 S.) Lex.-8. 1912. Geh. M. 18.—, in Leinwand geb. M. 20.—

„Die berufensten Fachleute reden über ihr Spezialgebiet in künstlerisch so hochstehender, dabei dem Denkenden so leicht zugehender Sprache, zudem mit einer solchen Konzentration der Gedanken, daß Seite für Seite nicht nur hohen künstlerischen Genuß verschafft, sondern einen Einblick in die Einzelgebiete verstattet, der an Intensität kaum von einem anderen Werke übertroffen werden könnte.“ (Nationalzeitung, Basel.)

Teil I, Abt. 3, I: **Die orientalischen Religionen.** Bearb. von: E. Lehmann, A. Erman, C. Bezold, H. Oldenberg, J. Goldziher, A. Grünwedel, J. J. M. de Groot, K. Florenz, H. Haas. (VII u. 267 S.) Lex.-8. 1906. Geh. M. 7.—, in Leinwand geb. M. 9.—

„Auch dieser Band des gelehrten Werkes ist zu inhaltvoll und zu vielseitig, um auf kurzem Raum gewürdigt werden zu können. Auch er kommt den Interessen des bildungsbedürftigen Publikums und der Gelehrtenwelt in gleichem Maße entgegen. ... Die Zahl und der Klang der Namen aller beteiligten Autoren bürgen dafür, daß ein jeder nur vom Besten das Beste zu geben bemüht war.“ (Berliner Tageblatt.)

Teil I, Abt. 4, I: **Geschichte der christlichen Religion.** Mit Einleitung: Die israelitisch-jüdische Religion. Bearbeitet von J. Wellhausen, A. Jülicher, A. Harnack, N. Bonwetsch, K. Müller, A. Ehrhard, E. Troeltsch. 2., stark vermehrte und verbesserte Auflage. (X u. 792 S.) Lex.-8. 1909. Geb. M. 18.—, in Leinwand geb. M. 20.—

Die Kultur der Gegenwart

Teil I, Abt. 4. II: **Systematische christliche Religion.** Bearbeitet von: E. Troeltsch, J. Pohle, J. Mausbach, C. Krieg, W. Herrmann, R. Seeberg, W. Faber, H. J. Holtzmann. 2., verb. Auflage. (VIII u. 279 S.) Lex.-8. 1909. Geh. M. 6.60, in Leinwand geb. M. 8.—

„. . . Die Arbeiten des ersten Teiles sind sämtlich, dafür bürgt schon der Name der Verfasser, ersten Ranges. Am meisten Aufsehen zu machen verspricht Troeltsch, Aufriß der Geschichte des Protestantismus und seiner Bedeutung für die moderne Kultur. . . . Alles in allem, der vorliegende Band legt Zeugnis ab dafür, welche bedeutende Rolle für die Kultur der Gegenwart Christentum und Religion spielen." **(Zeitschr. f. Kirchengeschichte.)**

Teil I, Abt. 5. **Allgemeine Geschichte der Philosophie.** Bearbeitet v.: W. Wundt, H. Oldenberg, J. Goldziher, W. Grube, T. Jnouye, H. v. Arnim, Cl. Baeumker. W. Windelband. (VIII u. 572 S.) Lex.-8. 1909. Geh. M. 12.—, in Leinw. geb. M. 14.—

„. . . Man wird nicht leicht ein Buch finden, das, wie die ‚Allgemeine Geschichte der Philosophie' von einem gleich hohen überblickenden und umfassenden Standpunkt aus, mit gleicher Klarheit und Tiefe und dabei in fesselnder Darstellung eine Geschichte der Philosophie von ihren Anfängen bei den primitiven Völkern bis in die Gegenwart und damit eine Geschichte des geistigen Lebens überhaupt gibt." **(Zeitschrift f. lateinl. höh. Schulen.)**

Teil I, Abt. 6: **Systematische Philosophie.** Bearbeitet von: W. Dilthey, A. Riehl, W. Wundt, W. Ostwald, H. Ebbinghaus, R. Eucken, Fr. Paulsen, W. Münch, Th. Lipps. 2. Aufl. (X u. 435 S.) Lex.-8. 1908. Geh. M. 10.—, in Leinwand geb. M. 12.—

„Hinter dem Rücken jedes der philosophischen Forscher steht Kant, wie er die Welt in ihrer Totalität dachte und erlebte; der ‚neukantische', rationalisierte Kant scheint in den Hintergrund treten zu wollen, und in manchen Köpfen geht bereits das Licht des gesamten Weltlebens auf." **(Archiv für systematische Philosophie.)**

„Um es gleich vorweg zu sagen: Von philosophischen Büchern, die sich einem außerhalb der engen Fachkreise stehenden Publikum anbieten, wüßte ich nichts Besseres zu nennen als diese Systematische Philosophie." **(Pädagogische Zeitung.)**

Teil I, Abt. 7: **Die orientalischen Literaturen.** Bearbeitet von: E. Schmidt, A. Erman, C. Bezold, H. Gunkel, Th. Nöldeke, M. J. de Goeje, R. Pischel, K. Geldner, P. Horn, F. N. Finck, W. Grube, K. Florenz. (IX u. 419 S.) Lex.-8. 1906. Geh. M. 10.—, in Leinw. geb. M. 12.—

„. . . So bildet dieser Band durch die Klarheit und Übersichtlichkeit der Anlage, Knappheit der Darstellung, Schönheit der Sprache ein in hohem Grade geeignetes Hilfsmittel zur Einführung in das Schrifttum der östlichen Völker, die gerade in den letzten Jahrzehnten unser Interesse auf sich gelenkt haben." **(Leipziger Zeitung.)**

Teil I, Abt. 8: **Die griechische und lateinische Literatur und Sprache.** Bearbeitet von: U. v. Wilamowitz-Moellendorff, K. Krumbacher, J. Wackernagel, Fr. Leo, E. Norden, F. Skutsch. 3. Auflage. (VIII u. 582 S.) Lex.-8. 1912. Geh. M. 12.—. in Leinwand geb. M. 14.—

„Das sei allen sechs Beiträgen nachgerühmt, daß sie sich dem Zwecke des Gesamtwerkes in geradezu bewundernswerter Weise angepaßt haben: immer wieder wird des Lesers Blick auf die großen Zusammenhänge hingelenkt, die zwischen der klassischen Literatur und Sprache und unserer Kultur bestehen." **(Byzantinische Zeitschrift.)**

Teil I, Abt. 9: **Die osteuropäischen Literaturen** und die slawischen Sprachen. Bearbeitet von: V. v. Jagić, A. Wesselovsky, A. Brückner. J. Máchal, M. Murko, A. Thumb, Fr. Riedl, E. Setälä, G. Suits, A. Bezzenberger, E. Wolter. (VIII u. 396 S.) Lex.-8. 1908. Geh. M. 10.—, in Leinwand geb. M. 12.—

„. . . Eingeleitet wird der Band mit einer ausgezeichneten Arbeit Jagićs über ‚Die slawischen Sprachen'. Für den keiner slawischen Sprache kundigen Leser ist diese Einführung sehr wichtig. Ihr folgt eine Monographie der russischen Literatur aus der Feder des geistvollen Wesselovsky. Die südslawischen Literaturen von Murko sind hier in deutscher Sprache wohl erstmals zusammenfassend behandelt worden. Mit Wolters Abschnitt der lettischen Literatur schließt der verdienstvolle Band, der jedem unentbehrlich sein wird, der sich mit dem einschlägigen Schrifttum bekannt machen will." **(Berliner Lokal-Anzeiger.)**

Mathematische Bibliothek.

Gemeinverständliche Darstellungen aus der Elementar-Mathematik für Schule und Leben. Herausgegeben von Dr. **W. Lietzmann** und Dr. **A. Witting**. In Kleinoktavbändchen. Kartoniert je *M* —.80.

Zunächst sind erschienen:

1. **E. Löffler, Ziffern und Ziffernsysteme der Kulturvölker in alter und neuer Zeit.**
2. **H. Wieleitner, der Begriff der Zahl** in seiner logischen u. histor. Entwicklung. Mit 10 Figuren.
3. **W. Lietzmann, der pythagoreische Lehrsatz mit einem Ausblick auf das Fermatsche Problem.** Mit 44 Figuren.
4. **O. Meißner, Wahrscheinlichkeitsrechnung nebst Anwendungen.** Mit 6 Figuren.

Encyklopädie der Elementar-Mathematik.

Ein Handbuch für Lehrer u. Studierende von **H. Weber** und **J. Wellstein**, Professoren an der Universität Straßburg. In 3 Bänden. gr. 8. In Leinwand geb.

I. **Elementare Algebra und Analysis.** Bearb. von H. Weber. 3. Aufl. Mit 40 Fig. 1909. *M* 10.—

II. **Elemente der Geometrie.** Bearbeitet von H. Weber, J. Wellstein und W. Jacobsthal. 2. Auflage Mit 251 Figuren. 1907. *M* 12.—

III. **Angewandte Elementar-Mathematik.** 2. Auflage. I. Teil: Mathematische Physik. Mit einem Buch über Maxima und Minima von H. Weber und J. Wellstein. Bearbeitet von Rudolph H. Weber, Professor in Rostock. Mit 254 Figuren. 1910. *M* 12.— II. Teil: Praktische Mathematik und Astronomie. [Unter der Presse.]

Grundlehren der Mathematik.

In 2 Teilen. Mit vielen Figuren. gr. 8. In Leinwand geb.

I. Teil: **Die Grundlehren der Arithmetik und Algebra.** Bearbeitet von E. Netto und C. Färber. 2 Bände.

I. Band: **Arithmetik.** Von Prof. Dr. C. Färber in Berlin. Mit 9 Figuren. 1911. *M* 9.—

II. Band: **Algebra.** Von Prof. E. Netto in Gießen. [In Vorbereitung.]

II Teil: **Die Grundlehren der Geometrie.** Bearb. von W. Frz. Meyer u. H. Thieme. 2 Bände.

I. Band: **Die Elemente der Geometrie.** Bearbeitet von Prof. Dr. H. Thieme, Direktor des Realgymnasiums zu Bromberg. Mit 323 Figuren. 1909. *M* 9.—

II. Band. [In Vorbereitung.]

Elemente der Mathematik.

Von Prof. Dr. **E. Borel.** Deutsche Ausgabe von Dr. **P. Stäckel**, Professor an der Techn. Hochschule in Karlsruhe. In 2 Bänden. gr. 8. In Leinwand geb.

I. Band: **Arithmetik und Algebra.** Mit 57 Figuren und 3 Tafeln. 1908. *M* 8.60.

II. Band: **Geometrie.** Mit 403 Figuren. 1909. *M* 6.40.

Elemente der Mathematik.

Von **J. Tannery**, Professor an der Universität Paris. Deutsche Ausgabe von Dr. **P. Klaeß** in Echternach. Mit einem Einführungswort von F. Klein. gr. 8. 1909. Geh. *M* 7.—, in Leinwand geb. *M* 8.—

Taschenbuch für Mathematiker und Physiker.

Unter Mitwirk. zahlreich. Fachgelehrter herausgegeben von **F. Auerbach** und **R. Rothe.** II. Jahrgang 1910/11. Mit einem Bildnis H. Minkowskis. 8. 1912. In Leinwand geb. *M* 7.—

Die Elemente der analytischen Geometrie.

Von Dr. **H. Ganter**, Prof. an der Kantonschule zu Aarau, und Dr. **F. Rudio**, Professor am Polytechnikum zu Zürich. Mit zahlreichen Übungsbeispielen. gr. 8. In 2 Teilen. In Leinwand geb. je *M* 3.—

I. **Die analytische Geometrie der Ebene.** 7., verbesserte Auflage. Mit 53 Figuren. 1910.

II. **Die analytische Geometrie des Raumes.** 4., verbesserte Auflage Mit 20 Figuren. 1908.

Zur Biologie · Botanik · Zoologie

Die Fundamente der Entstehung der Arten. Zwei in den Jahren 1842 und 1844 verfaßte Essays. Von Charles Darwin. Hrsg. von seinem Sohn Francis Darwin. Dtsch. Übersetzung v. Maria Semon. Geh. M. 4.—, in Leinw. geb. M. 5.—

Man findet in diesen Fundamenten die Keime zur Entstehung der Arten, zu fast allen späteren Werken Darwins deutlich vorgebildet.

Experimentelle Zoologie. Von Th. Hunt Morgan, Deutsche autorisierte und verb. Ausgabe von H. Rhumbler. Mit zahlr. Abb. Geh. M. 11.—, in Leinw. geb. M. 12.—

Das Verhalten der niederen Organismen unter natürlichen und experiment. Bedingungen. Von H. S. Jennings. Deutsch von Dr. E. Mangold. Mit 144 Fig. Geh. M. 9.—, in Leinwand geb. M. 10.—

„...Der klare und durchsichtige Aufbau der Gedankengänge, die sorgfältigen Zusammenfassungen in den einzelnen Abschnitten und die ansprechende Darstellung sind geeignet, das Verständnis für eine Reihe komplizierter Fragen auch in weitere, naturwissenschaftlich denkende Kreise zu tragen...." (Botanische Zeitung.)

Lebensweise und Organisation. Von Prof. Dr. P. Deegener, Privatdoz. an der Universität Berlin. Eine Einführung in die Biologie der wirbellosen Tiere. Mit 154 Abb. gr. 8. In Leinw. geb. M. 6.—

Das vorliegende Buch ist von einem bestimmten theoretischen Standpunkt aus geschrieben, ohne doch in einer Theorie zu gipfeln. Es will dem selbstdenkenden Leser Materialien an die Hand geben, ein eigenes, begründetes Urteil zu gewinnen, und enthält sich daher tunlichst breiter theoretischer Darlegungen.

Blumen und Insekten, ihre Anpassung aneinander und ihre gegenseitige Abhängigkeit. Von Prof. Dr. O. v. Kirchner. Mit 2 Taf. u. 159 Fig. Geh. M. 6.60, in Leinw. geb. M. 7.50.

Instinkt und Gewohnheit. Von C. Lloyd Morgan, F.R.S. Autoris. deutsche Übersetzung von M. Semon. Geh. M. 5.—, in Leinw. geb. M. 6.—

„Dieses sehr beachtenswerte Werk ist so flott übersetzt worden, daß seine Lektüre ein wahrer Genuß ist. Auch der naturwissenschaftlich interessierte Laie wird unbedingt auf seine Kosten kommen." (Münchener Neueste Nachr.)

Einführung in die Biologie. Von Dr. K. Kraepelin. 2. Aufl. Mit 303 Abb., 5 farbigen Taf. u. 2 Karten. In Leinw. geb. M. 4.—

„.. Jeder, der naturwissenschaftlicher Betrachtungsweise nicht völlig abgeneigt ist und der die elementaren Vorkenntnisse dazu mitbringt, wird in diesem Buche mit hohem Genuß und Nutzen lesen...." (Dtsch. Literaturztg.)

Blütengeheimnisse. Eine Blütenbiologie in Einzelbildern. Von Prof. Dr. Georg Worgitzky. Mit 47 Abb., u. 1 farb. Tafel von P. Flanderky. 2., verm. Aufl. In Leinw. geb. M. 3.—

„Ein vortreffliches und reizend illustriertes kleines Buch, das allen Freunden der Pflanzenwelt willkommen sein wird...." (Gaea.)

Naturgeschichte für die Großstadt. Von W. Pfalz. 2 Teile in Leinwand geb. je M. 3.—
I. Teil: Tiere u. Pflanzen der Straßen, Plätze, Anlagen, Gärten und Wohnungen. Mit 50 Federzeichnungen.
II. Teil: Aquarium und Terrarium, Pflanzen der Gärten, Wohnungen, Anlagen und des Palmenhauses. Mit 54 Federzeichnungen.

Botanisch-Geologische Spaziergänge i. d. Umgebung v. Berlin. Von Dr. W. Gothan. Mit 23 Figur. Geh. M. 1.80, in Leinw. geb. M. 2.40.

Unsere Pflanzen. Ihre Namenserklärung und ihre Stellung in der Mythologie und im Volksaberglauben. Von Dr. Franz Söhns. 4. Auflage. Mit Buchschmuck von J. V. Cissarz. In Leinwand geb. M. 3.—

Mittelmeerbilder. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Theobald Fischer. Gesammelte Abhandlungen zur Kunde der Mittelmeerländer. Geb. M. 7.— Neue Folge. Mit 8 Karten. Geb. M. 7.—

„... Ein Meister länderkundlicher Darstellung spricht hier zu uns, aber in einer Sprache, die sich bei allem wissenschaftlichen Ernst doch immer in den Grenzen allgemeiner Verständlichkeit und allgemeinen Interesses hält." (Deutsche Literaturzeitung.)

Das Mittelmeergebiet. Von Dr. A. Philippson. Seine geographische und kulturelle Eigenart. 2. Aufl. Mit 9 Fig. im Text, 13 Ansichten u. 10 Karten auf 15 Tafeln. Geb. . . . . M. 7.—

„Von dem höchsten Standpunkte aus, auf den die heutige Wissenschaft den Forscher zu stellen vermag, läßt der Verfasser seinen Leser die unendliche, von nicht auszugenießenden Reizen verklärte Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen am Mittelmeer überschauen." (Norddeutsche Allgemeine Zeitung.)

Ostasienfahrt. Von Professor Dr. Franz Doflein. Erlebnisse und Beobachtungen eines Naturforschers in China, Japan und Ceylon. Mit zahlr. Abbild. und Karten. Geb. M. 13.—

„... Dofleins Ostasienfahrt gehört zu den allerersten Reiseschilderungen, die Ref. überhaupt kennt. Es liegt eine solche Fülle feinster Natur- und Menschenbeobachtung in dem Werk, über das Ganze ist ein solcher Zauber künstlerischer Auffassung gegossen, daß das Ganze nicht wie eine Reisebeschreibung wirkt, sondern wie ein Kunstwerk." (Die Umschau.)

Die Polarwelt und ihre Nachbarländer. Von Professor Dr. Otto Nordenskjöld. Mit 77 Abbildungen. Geb. . . . . M. 8.—

Weltreisebilder. Von Julius Meurer. Mit 116 Abb. sowie einer Weltkarte. Geb. . . . . . . M. 9.—

„... Ich möchte behaupten, daß der ‚Meurer' unter Umständen bessere Dienste tun kann als der ‚Baedeker'." (Die Zeit.)

Lehrbuch der Physik. Von E. Grimsehl. Große Ausgabe. 2. Auflage. Mit 1296 Fig., 2 farb. Tafeln u. einem Anhange, enthaltend Tabellen physikalischer Konstanten und Zahlentabellen. gr. 8. 1912. Geh. M. 15.—, in Leinw. geb. M. 16.—

„Auch der gebildete Laie, der das Bedürfnis hat, auf Grund einer guten naturwissenschaftlichen Allgemeinausbildung seine physikalischen Kenntnisse zu vertiefen, wird das Buch mit Nutzen verwenden können. .... Mit einem Worte, das Buch verdient in wissenschaftlicher, methodischer und didaktischer Hinsicht volle Anerkennung." (Natur und Erziehung.)

Populäre Astrophysik. Von Dr. J. Scheiner. 2., ergänzte Auflage. Mit 30 Tafeln und 210 Figuren. gr. 8. 1912. In Leinw. geb. M. 14.—

„... Und soweit es überhaupt möglich ist, dem Laien einen Einblick in diese schwierige Materie zu erschließen, dürfte der Verfasser seine Aufgabe mit großer Geschicklichkeit gelöst haben. Der Vortrag Scheiners ist populärwissenschaftlich im besten Sinne: klar, eindringlich, frei von allen jetzt üblichen Mätzchen der naturwissenschaftlichen Popularschriftstellerei. Vortreffliche Abbildungen unterstützen das Verständnis des vortrefflichen Textes." (Propyläen.)

„Das Buch ist zum mindesten für den Laien zu einem Kompendium der Astrophysik geworden. Sehr unterstützt wird der Text durch ein passend gewähltes und vorzüglich ausgeführtes Illustrationsmaterial." (Deutsche Literaturzeitung.)

Experimentelle Elektrizitätslehre, verbunden mit einer Einführung in die Maxwellsche und die Elektronentheorie der Elektrizität und des Lichts. 2. Auflage. Mit 334 Abbildungen. gr. 8. 1910. In Leinwand geb. M. 12.—

„... Nur durch so echt wissenschaftliche Behandlung, also durch feste theoretische Fundierung, konnte auf so kleinem Raum so viel gebracht werden, und zwar so gebracht werden, daß man es bei der Lektüre wirklich ‚erlebt'. Auch die prinzipiellen Seiten der technischen Anwendung sind sehr ausgiebig eingefügt, so daß das Buch gleichzeitig eine Einführung in die Elektrotechnik ist, wie es zurzeit kaum eine bessere in Deutschland gibt. Die Ausstattung ist dem Gehalte entsprechend." (H. Th. Simon in der Physikalischen Zeitschrift.)

[W]ertvolle Jugendschriften

Deutsches Märchenbuch. Von Prof. Dr. Oskar Dähnhardt. Mit vielen Zeichnungen und farbigen Originallithographien von E. Kuithan und K. Mühlmeister. 2 Bände. [I. Band. 2. Auflage.] Geb. je M. 2.20.

Naturgeschichtliche Volksmärchen. Von Prof. Dr. Oskar Dähnhardt. 2 Bände. 3. Aufl. Mit Zeichnungen von O. Schwindrazheim. Geb. je M. 2.40.

Schwänke aus aller Welt. Herausg. von Prof. Dr. Oskar Dähnhardt. Mit 52 Original-Abbildungen von A. Kolb. Geb. M. 3.—

Unsere Jungs. Von F. Gansberg und H. Eildermann. Geschichten für Stadtkinder. 2. Aufl. Geb. M. 1.50.

Deutsche Heldensagen. Von K. H. Keck. 2. Auflage von Dr. B. Busse. Mit Künstler-Steinzeichnungen von R. Engels. 2 Bände. Geb. je M. 3.—

Die Sagen des klassischen Altertums. Von H. W. Stoll. 6. Auflage. Neu bearbeitet von Dr. H. Lamer. 2 Bände mit 79 Abbildungen. Geb. je M. 3.60, in einem Bande M. 6.—

Die Götter des klassischen Altertums. Von H. W. Stoll. 8. Auflage. Neu bearbeitet von Dr. H. Lamer. Geb. M. 4.50.

Karl Kraepelins Naturstudien (m. Zeichnungen v. O. Schwindrazheim). **Im Hause** (4. Aufl. Geb. M. 3.20); **in Wald und Feld** (3. Auflage. Geb. M. 3.60); **in der Sommerfrische** (Reiseplaudereien. 2. Auflage. Geb. M. 3.60); **in fernen Zonen** (Plaudereien in der Dämmerstunde. Geb. M. 3.60). **Volksausgabe** (Vom Hamburger Jugendschriften-Ausschuß ausgewählt). 2. Auflage. Geb. M. 1.—

Streifzüge durch Wald und Flur. Eine Anleitung zur Beobachtung der heimischen Natur in Monatsbildern. Von Prof. Bernh. Landsberg. 4. Auflage. Mit 83 Abbildungen. Geb. M. 5.—

Hinaus in die Ferne! Zwei Wanderfahrten deutscher Jungen durch deutsche Lande, erzählt von Dr. E. Neuendorff. Geb. M. 3.20.

Natur-Paradoxe. Von Dr. C. Schäffer. 2. Auflage. Mit 3 Tafeln und 79 Abbildungen. Geb. M. 3.—

Der kleine Geometer. Von G. C. und W. H. Young. Deutsch von S. und F. Bernstein. Mit 127 Abbildungen. Geb. M. 3.—

Naturwissenschaftliche Schülerbibliothek. Von Dr. Bastian Schmid. In dauerhaften Oktavbänden mit vielen Abbildungen. Preis eines jeden Bandes, wenn nicht anders angegeben, in Leinwand geb. M. 3.—

1—2. **Physikalisches Experimentierbuch.** Von H. Rebenstorff. 2 Teile. 3. **An der See.** Von Dr. P. Dahms. 4. **Große Physiker.** Von Dr. H. Keferstein. 5. **Himmelsbeobachtung mit bloßem Auge.** Von Fr. Rusch. M. 3.50. 6—7. **Geologisches Wanderbuch.** Von K. G. Volk. 2 Teile. I. Teil M. 4.—. 8. **Küstenwanderungen.** Von Dr. V. Franz. 9. **Anleitung zu photographischen Naturaufnahmen.** Von G. E. F. Schulz. 10. **Die Luftschiffahrt.** Von Dr. R. Nimführ. 11. **Vom Einbaum zum Linienschiff.** Von K. Radunz. 12. **Vegetationsschilderungen.** Von Dr. P. Graebner. 13. **An der Werkbank.** Von E. Gscheidlen. 14—15. **Chemisches Experimentierbuch.** Von Dr. K. Scheid. 2 Teile. I. Teil. 3. Auflage. II. Teil. Oberstufe in Vorbereitung. — Weitere Bände befinden sich in Vorbereitung.

